LE CINQUANTENAIRE

DE LA

BOUILLIE BORDELAISE

Supplément
à la Revue de Pathologie végétale
et d'Entomologie agricole de France
Volume XXII

Mémoire publié grâce à une subvention accordée par M. le Ministre de l'Agriculture

---

PARIS
LIBRAIRIE E. LE FRANÇOIS
91, BOULEVARD ST-GERMAIN, 91
—
1935

INTRODUCTION

par

ET. FOEX

Président de la Société de Pathologie Végétale
et d'entomologie agricole

Il y a près d'un an le Professeur Dr Ernst GRAM, *Directeur de la Station de Pathologie Végétale de Lingby au Danemark, nous demandait comment la France comptait célébrer le Cinquantenaire de la Bouillie Bordelaise, événement qu'il entendait commémorer au Danemark.*

Peu après, le Professeur Dr Albert MURPHY, *du Collège d'Agriculture Glasnevin à Dublin* (*Irlande*) *nous écrivait dans le même sens.*

Ces lettres, émanant de savants qui tiennent une place des plus honorables dans la Science, furent, par nos soins, soumises au Professeur L. MANGIN, *Membre de l'Institut et Président Fondateur de la Société de Pathologie Végétale. Ce savant vénéré, le Maître des Phytopathologistes français, estima que notre groupement avait le devoir de commémorer un événement dont la France a le droit de s'enorgueillir.*

Le Professeur P. VIALA, *Membre de l'Institut, dont l'œuvre magistrale prolonge celle de* MILLARDET, *nous encouragea, lui aussi, à consacrer une séance solennelle au Cinquantenaire de la Bouillie bordelaise.*

Même accueil favorable auprès de M. le Ministre CAPUS, *qui, dans le domaine de la recherche scientifique appliquée à la Viticulture, a pris la place que* MILLARDET *y occupait dans la région de Bordeaux.*

Fort de ces précieux encouragements, le Conseil de la Société de Pathologie Végétale adopta les suggestions de notre Président d'Honneur, le Professeur L. MANGIN.

M. le Ministre de l'Agriculture, auquel nous adressons ici le respectueux hommage de notre gratitude, daigna s'intéresser à notre projet. L'un de ses plus sympathiques Chefs de service, M. SAULNIER, *à qui incombe la lourde charge de défendre nos cultures, nous fournit des ressources grâce auxquelles ont pu être publiés des mémoires des savants, à la Science et au dévouement desquels nous n'avons pas en vain fait appel.*

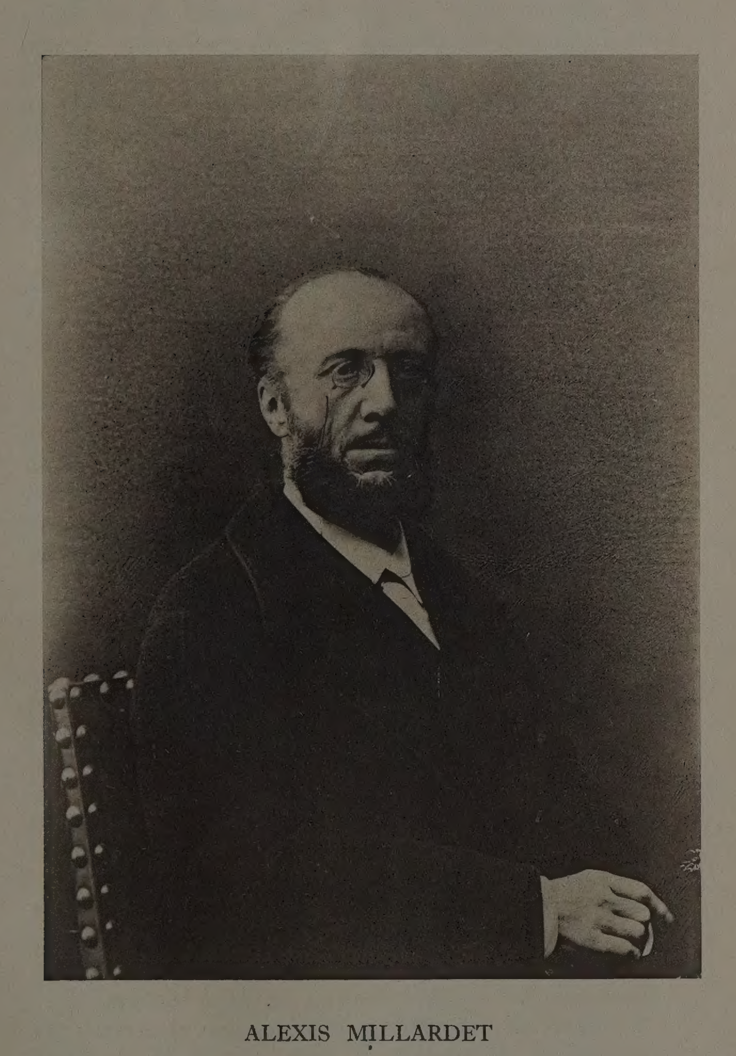
Ils ont tenu à s'associer à l'hommage que la Société de Pathologie Végétale veut rendre à l'homme qui a doté l'agriculture mondiale d'une méthode dont l'efficacité s'est affirmée au cours d'un demi-siècle et dans le monde entier. Durant cette période, la Bouillie Bordelaise a soustrait aux maladies des récoltes considérables, dont la valeur marchande s'élève à plusieurs milliards.

Avant MILLARDET, *certains esprits inventifs s'étaient, il est vrai, déjà efforcés de réaliser des méthodes de lutte efficaces contre les maladies des plantes.*

Rappelons que, dès 1807, le Genevois Bénédict PREVOST, *qui travaillait à Montauban, y avait décrit avec précision le* Tilletia caries, *agent de la Carie du Blé, et qu'il imagina un excellent remède contre cette maladie. Il préconisa le traitement de la semence par le sulfate de cuivre, suivi d'un chaulage.*

Le procédé qu'on a si longtemps dénommé le vitriolage et qui est encore très employé, a donc pris naissance en France il y a 125 ans.

Si c'est en Angleterre qu'en 1846, KYLE, *jardinier à Layton, a, pour la première fois, combattu par le soufre l'Oïdium de la Vigne, c'est en France qu'ont été conduites les premières vraies études sur la question. Le Professeur* DUCHARTRE *et* HARDY (*1850-1851*) *à Versailles,* Henri MARES *dans le Midi, ont en peu d'années mis au point un procédé qui est universellement appliqué pour lutter contre les Erysiphacées.*



ALEXIS MILLARDET

Rappelons également que, dès 1843, Eusèbe Gris *s'était rendu compte qu'on pouvait faire reverdir les plantes chlorotiques en leur administrant du sulfate de fer. Son fils,* Arthur Gris *(1857-1862), reprit l'étude, au point ou l'avait conduite son Père, et apporta à la question une importante contribution.*

Donc, avant Millardet, *on possédait déjà quelques méthodes permettant de combattre certains types de maladies, d'ailleurs importantes.*

Mais, par contre, on était désarmé vis-à-vis des parasites qui pénètrent à l'intérieur des tissus des plantes. Or, ce sont les plus nombreux et plusieurs d'entre eux sont des plus redoutables.

Il fallut l'intrusion du Plasmopara viticola, *et des désastres qu'il occasionna dans un vignoble, qui, après avoir été soustrait aux atteintes de l'Oïdium, se relevait de la crise phylloxérique, pour inciter un savant Bordelais à s'attaquer à un problème des plus ardus. Des voix beaucoup plus autorisées que la mienne évoqueront la physionomie de cet homme de science, retraceront son œuvre considérable et montreront les services qu'il a rendus.*

Ses travaux et ses découvertes ont une telle portée, elles ont exercé une si grande action sur la Pathologie Végétale, qu'un historiographe de cette Science, le Professeur Whetzel, *n'a pas hésité à placer sous l'égide de* Millardet *l'une des périodes les plus fécondes du* XIXe *siècle. Ce bel hommage d'un savant qui occupe une chaire importante à l'Université de Cornell, est singulièrement éloquent.*

Au nom de la Société de Pathologie Végétale, j'exprime notre reconnaissance aux Savants et Agronomes, qui avec beaucoup de dévouement, ont assumé la tâche que nous leur avions confiée.

Je remercie aussi les personnalités qui ont bien voulu s'associer à la commémoration d'une des plus belles victoires de la Science dans le domaine de la pratique agricole.

Enfin j'exprime ma très vive gratitude au Professeur LEMOINE, *Directeur du Museum d'Histoire Naturelle, et à* M. ALLORGE, *Professeur de Cryptogamie, qui offrent à la Société de Pathologie végétale la plus large hospitalité et mettent aujourd'hui à sa disposition l'amphithéâtre, dans lequel nous célébrons la mémoire de* MILLARDET.



Monument érigé à la mémoire de MILLARDET à Bordeaux.

L'ŒUVRE SCIENTIFIQUE D'ALEXIS MILLARDET

PAR

PIERRE DANGEARD

Professeur à l'Université de Bordeaux

Le grand savant dont la Société de Pathologie Végétale et d'Entomologie Agricole a décidé d'honorer la mémoire à l'occasion du cinquantenaire d'une de ses admirables découvertes peut être donné en exemple de ce que vaut l'esprit de pure recherche scientifique lorsqu'il est mis au service des plus importants et des plus graves problèmes d'ordre pratique ou économique.

On n'a peut-être pas assez remarqué que l'un des Mémoires les plus importants de MILLARDET est dédié à PASTEUR, alors à l'apogée de sa gloire et il n'est pas douteux que s'inspirant de ce haut modèle le savant bordelais ne se soit efforcé d'introduire dans le domaine agricole et dans la pathologie végétale, objet de ses recherches, la rigueur scientifique et la méthode pasteurienne.

Cependant MILLARDET avait eu en botanique des Maîtres éminents : tout d'abord MONTAGNE, Membre de l'Académie des Sciences, avec qui il écrivit sa première note intitulée, *Mémoire sur les Algues de la Réunion*. Puis MILLARDET passa plusieurs années en Allemagne, à Heidelberg près d'Hofmeister, puis à Fribourg-en-Brisgau près de DE BARY. Ses premiers travaux et sa thèse de Doctorat ès Sciences ont

été inspirés par ces Maîtres dont les travaux brillaient alors d'un vif éclat. Il publia en 1865 un premier Mémoire sur l'accroissement en épaisseur de la tige des Monocotylédones (*Yucca*, *Dracaena*, *Aloë*, *Cordyline*), puis plusieurs Mémoires de Cryptogamie : l'un d'eux est intitulé : « Mémoire pour servir à l'étude des Collémacées » ; il y étudie des genres mal connus, *Atichia*, *Myriangium*, *Naetrocymbe*, dont il contribua à établir la place systématique exacte. Cette note paraît avoir été sa seule contribution à l'étude des lichens ; cependant il a laissé à la Faculté de Bordeaux un important herbier de lichens montrant ainsi combien sa curiosité scientifique s'appuyait sur des récoltes variées.

Les algues firent également l'objet de plusieurs notes et Mémoires de MILLARDET en cette période de début de sa carrière scientifique. Il montra comment se fait la germination des zygotes chez deux genres de conjuguées, les *Closterium* et les *Staurastrum* et son nom se trouve ainsi associé à celui de DE BARY dont le Mémoire sur les Conjuguées est resté classique. En même temps MILLARDET décrivait un genre nouveau d'algue épiphyte vivant sur les aiguilles des sapins dans les forêts humides aux environs de Fribourg, le *Phycopeltis*. Ce genre est classé actuellement auprès des *Trentepholia* et au voisinage également des *Coleochaete* dont il rappelle la structure discoïde.

C'est à la même époque que MILLARDET fit des recherches approfondies sur le pigment des algues. Il s'adressa d'abord aux algues bleues desquelles il retira plusieurs pigments : la *phycocyane* (ou *phycocyanine*) soluble dans l'eau, la chlorophylle et un troisième pigment la *phycoxanthine* de couleur jaunâtre. Il étudia aussi le pigment des diatomées, la *diatomine* et les matières colorantes des algues brunes marines, *Fucus*, *Laminaria*, *Halidrys*, *Elachistea*. Là aussi il mit en évidence trois pigments superposés,

la chlorophylle, la phycoxanthine et un pigment nouveau soluble dans l'eau, la *phycophéine*.

Ces résultats obtenus par MILLARDET, après avoir été longtemps classiques, ont été dépassés par les travaux de Willstätter et de Kylin et le troisième pigment des *Fucus* que MILLARDET avait cru séparer a été reconnu depuis comme étant un produit d'oxydation d'un composé phénolique le fucosane ; mais, quoiqu'il en soit, il demeure que MILLARDET a fourni les premiers résultats précis sur les pigments des Phéophycées où il a isolé le pigment jaune connu depuis ses recherches sous le mom de *phycoxanthine*.

Peu après MILLARDET soutint presque simultanément deux thèses, l'une de Doctorat ès Sciences, sur le prothalle mâle des Cryptogames vasculaires, l'autre de Doctorat en médecine sur les « mouvements périodiques et paratoniques de la Sensitive ». Le premier travail renferme une étude précise du développement des microspores, particulièrement chez les *Isoëtes* et les *Sélaginella*. L'existence chez ces plantes d'un prothalle mâle rudimentaire était à prévoir suivant les idées d'HOFMEISTER qui avait indiqué les grandes lignes de l'alternance des générations dans le développement des Cryptogames vasculaires et des Phanérogames ; cependant les premières observations recueillies avaient fait croire que chez certaines Cryptogames vasculaires les microspores pouvaient se transformer directement en un certain nombre d'anthérozoïdes. Les recherches de MILLARDET apportèrent la preuve de l'existence chez les *Isoëtes* et les *Sélaginella* d'un prothalle mâle, mais celui-ci est tellement réduit qu'il n'est plus représenté que par une seule cellule très petite.

Ce résultat montrait le grand talent d'observateur de l'auteur du Mémoire dans une recherche très délicate et il apportait une confirmation aux idées générales sur l'alternance des générations ; en même temps se trouvaient exposées, d'une manière parti-

culièrement claire, les rapports des différents groupes des Cryptogames vasculaires et des Phanérogames. Les conclusions de cette thèse dans lesquelles MILLARDET accumule les preuves d'une filiation entre les différentes classes des plantes ont vraiment grande allure : « ainsi, écrit-il, de quelque côté que l'on se tourne, l'unité de plan dans les Cryptogames et les Phanérogames ressort de la comparaison comme une vérité incontestable ; de telle façon qu'il ne semble pas téméraire d'admettre la filiation de ces différentes classes. »

Dans la thèse de Doctorat en médecine de MILLARDET la physiologie tient la première place : il étudie ce qu'il appelle la *tension des tissus*, tension qui se manifeste naturellement par des mouvements suivant certaines influences extérieures. Des variations de la tension, suivant qu'elles sont périodiques ou « paratoniques », c'est-à-dire causées par l'influence de divers agents physiques ou chimiques, il résulte des mouvements qu'il a étudiés dans le cas de la Sensitive, dont il a décrit avec précision la disposition des organes et la structure des renflements moteurs.

Aussitôt après la soutenance de ses thèses MILLARDET fut nommé à un poste d'Enseignement Supérieur d'abord à Strasbourg, puis à Nancy où il publia un Mémoire très intéressant sur le pigment colorant de la tomate. Là encore nous trouvons une étude originale dans laquelle les résultats obtenus par MILLARDET sont devenus classiques. Quand on lit la note assez courte consacrée à cette question on est frappé de constater que des recherches cytologiques ultérieures ont précisé mais n'ont infirmé en rien l'essentiel de la description faite par MILLARDET. Cependant le pigment de la tomate qu'il avait isolé et qu'il avait appelé *solanorubine* est connu aujourd'hui sous le nom de *lycopène* ; son analogie chimique avec le carotène a été reconnue par ARNAUD et sa formule a été établie par les travaux de WILLSTATTER.

A partir de sa nomination à la chaire de Botanique de la Faculté de Bordeaux, MILLARDET, chargé par l'Académie des Sciences de l'étude des vignes américaines en vue de leur utilisation en agriculture, consacre tout le temps dont il peut disposer à la reconstitution du vignoble français éprouvé par la crise phylloxérique et à la lutte contre les maladies cryptogamiques.

Il a montré quelle était la nature des altérations produites par le phylloxéra sur les racines de la vigne, faisant connaître, à côté des nodosités distinguées par Maxime CORNU, des tubérosités qui jouent un rôle considérable dans la destruction des racines attaquées ; c'est ainsi qu'il montra comment la pourriture des nodosités déterminait la destruction complète du chevelu des racines.

La résistance des vignes attaquées dépend du nombre des nodosités et tubérosités qui s'y forment sous l'attaque de l'insecte et aussi de la facilité plus ou moins grande avec laquelle les tissus sont envahis par les champignons de la pourriture. MILLARDET a distingué parmi les facteurs de la résistance des conditions intrinsèques et des conditions extrinsèques ; les premières dépendent de l'espèce ou du cépage et tiennent à la constitution intime de la plante ; elles sont transmises par l'hérédité aux divers hybrides. Les conditions extrinsèques dépendent des agents extérieurs, sol, climat, culture. C'est pour n'avoir pas tenu compte de ces conditions que certains résultats obtenus par les praticiens apparaissaient contradictoires.

MILLARDET fut amené par ses études sur le phylloxéra à reviser la classification des espèces et des variétés de la vigne. Il devint un spécialiste des plus compétents ; il montra l'importance de l'hybridation, soit à l'état naturel, soit à l'état de culture et il condensa l'ensemble de ses observations ampélographiques sur plus de 40 cépages en un fort volume

magnifiquement illustré intitulé : « Histoire des principales variétés et espèces de vignes américaines qui résistent au phylloxéra. »

La méthode du greffage sur porte-greffe résistant au phylloxéra avait été préconisée pour la première fois par LALIMAN. MILLARDET contribua puissamment au développement de cette pratique et c'est à lui que revient l'honneur d'avoir le premier étudié et proposé en toute connaissance de cause le *Vitis riparia* comme porte-greffe de nos cépages.

MILLARDET porta ensuite ses efforts sur la recherche de porte-greffe résistants et appropriés au climat et au sol des régions françaises. Ces porte-greffe furent obtenus par l'hybridation dont il fit de nombreux essais pendant plus de 20 ans avec la collaboration de viticulteurs particulièrement qualifiés. Il espérait également obtenir par l'hybridation des producteurs directs ayant hérité de leurs parents américains la résistance aux maladies et conservant de leurs parents français les qualités de leur raisin propre à la vinification, mais de ce côté, les résultats ne furent pas entièrement satisfaisants.

Les recherches de MILLARDET sur l'hybridation de la vigne l'amenèrent à préciser la technique minutieuse indispensable pour arriver au résultat cherché et le livre qu'il a publié sur ce sujet sera toujours consulté avec fruit par ceux qui se proposent de réaliser des hybrides.

L'étude de l'hybridation chez les végétaux a passionné MILLARDET car il y voyait le moyen de mettre en œuvre le principe d'hérédité. Il n'est donc pas surprenant qu'il ait recherché sur d'autres objets que la vigne à obtenir des croisements et à suivre leur destinée. C'est ainsi qu'une note publiée par lui sur l'hybridation sans croisement ou fausse hybridation dans le genre fraisier a vivement intéressé les hybrideurs et les biologistes en général. Dans ce Mémoire, MILLARDET démontre que les produits

obtenus par l'hybridation de certaines espèces du genre fraisier font exception à la règle générale et qu'ils reproduisent intégralement soit le type spécifique du père, soit celui de la mère. Tout se passe comme si le type d'une des espèces composantes avait passé intégralement dans l'hybride, sans aucun mélange des caractères de l'autre espèce associée.

C'était la première fois qu'un fait de cette sorte était établi d'une façon positive ; on avait bien signalé quelquefois la reproduction intégrale du type maternel dans l'hybridation, mais celle du type paternel n'avait pas été observée jusque-là. Dans le cas où les hybrides reproduisent exactement le type maternel on a pu formuler l'hypothèse qu'il n'y a pas eu fécondation des ovules et que ceux-ci se sont développés d'une manière parthénogénétique. MILLARDET ne s'arrête pas à cette explication qui ne peut pas s'appliquer aux hybrides de caractère exclusivement paternel et il préfère considérer la fausse hybridation comme « le terme extrême d'une série de faits parfaitement constatés » et il ajoute que « si dans la plupart des cas, les hybrides sont sensiblement intermédiaires à leurs parents, très souvent ils se rapprochent beaucoup plus de l'un que de l'autre, tantôt du père, tantôt de la mère, suivant les cas ». La prédominance de l'un ou de l'autre parent pourrait s'expliquer selon lui par une sorte de neutralisation des caractères spécifiques de l'une des espèces par ceux de l'autre espèce, phénomène qu'il compare à l'action de deux substances chimiques qui se précipitent mutuellement.

La découverte de MILLARDET était importante, car si, dans les métis, on avait signalé souvent des produits de l'hybridation appartenant complètement au type de l'un des parents, il n'en était pas de même pour les croisements entre espèces. Il ne faut pas s'étonner après cela que la fausse hybridation ait été discutée et que les résultats obtenus par MILLAR-

DET aient été critiqués. Cependant SOLMS-LAUBACH a confirmé peu après l'existence chez les fraisiers de l'hérédité unilatérale et les généticiens modernes doivent encore aujourd'hui tenir compte de ce mode d'hérédité.

On ne saurait enfin exposer l'œuvre scientifique de MILLARDET sans célébrer la découverte qui a créé son plus beau titre à la reconnaissance des viticulteurs et qui témoigne de ses hautes qualités d'expérimentateur en même temps que de sa ténacité à faire triompher la juste cause de ses idées. Le traitement anticryptogamique préconisé et expérimenté par lui et par GAYON et universellement connu sous le nom de bouillie bordelaise est bien son œuvre comme l'a reconnu l'opinion unanime et comme l'a consacré l'Académie des Sciences en lui accordant le prix Morogue pour ses travaux.

Sans doute l'importance pratique considérable des travaux de MILLARDET en Botanique appliquée et en Pathologie végétale ont quelque peu relégué dans l'ombre ses recherches de Science pure, aussi n'était-il pas inutile peut-être, à l'occasion de ce cinquantenaire, de rappeler l'ensemble de l'œuvre scientifique d'un savant qui a honoré l'Université de Bordeaux et la Science Botanique française par ses travaux dans les domaines les plus variés.

LA BOUILLIE BORDELAISE

Par

M. J. Dubaquié

Directeur de la Station œnologique de Bordeaux

Historique bordelais. — L'association sulfate de cuivre et chaux — seul remède jusqu'à présent contre le mildiou — porte dans le monde entier le nom de bouillie bordelaise. Ce progrès de la science vinicole ajoute à la gloire d'une grande production locale. Quels furent les apports respectifs de nos vignerons et de nos savants ? La question n'est plus aujourd'hui discutée, du moins avec la même âpreté passionnée. Il est intéressant pour nous, principalement, de noter la contribution réelle de Millardet et de Gayon. La création de la bouillie bordelaise représente toute une période assez curieuse de l'histoire locale. Il y eut alors énormément de travail et peut-être encore plus de discussions : le tout de qualité assez variable. Nous pourrons nous borner à suivre, dans l'évolution des idées et des résultats, les deux illustres maîtres bordelais.

* * *

De nombreux observateurs avaient remarqué, comme Millardet — peut-être avant lui et en très grand nombre — certains effets du cuivre sur le mildiou. Dès le début du xixe siècle, le vignoble utilisait le vitriol bleu (sulfate de cuivre) pour « empoisonner » les piquets et tuteurs en vue de leur conservation. En

outre les Médocains aspergeaient de vert-de-gris, dès la véraison, les ceps le long des chemins. « L'indiscrétion du passant », ainsi que note la chronique, ou plutôt sa gourmandise était ainsi conjurée. La simple solution de sulfate de cuivre marquait insuffisamment, si la dose n'était pas forcée, jusqu'à risquer la brûlure. Aussi préférait-on, pour mieux marquer, avec moins de risques et de dépenses, le mélange de sulfate de cuivre et de chaux. Les premières attaques de mildiou permirent de constater l'effet de ce mélange sur les invasions tardives du parasite. La constatation fut faite par beaucoup, certainement en Gironde et dans d'autres vignobles. Le remède dut être essayé — et le fut indubitablement — par plusieurs au moment même où s'instituait la recherche des savants. Quelques vieux vignerons encore vivants pensent ainsi avoir inventé la bouillie bordelaise ou l'avoir vu inventer par quelques vignerons voisins.

Dès les premiers jours de septembre 1878, MILLARDET — en même temps que PLANCHON — signalait de façon certaine l'introduction en Europe du *Peronospora viticola* de BERKELEY. En 1881 (Congrès International phylloxérique, Bordeaux), le savant botaniste estimait que le traitement du mildiou paraissait presque impossible. Il n'en signalait pas moins comme extrêmement encourageant le résultat obtenu, d'après ses propres indications, à l'aide d'un mélange de sulfate de fer et de plâtre.

MILLARDET poursuivit l'étude du redoutable parasite, « dans l'espoir de découvrir, dans son développement, un point faible qui permît de s'en rendre maître ». Dès 1882, il concluait — « qu'un traitement « pratique du mildiou doit avoir pour but, non de tuer « le parasite dans les feuilles qui en sont infestées, ce qui « semble impossible sans tuer les feuilles elles-mêmes, « mais de prévenir son développement, en couvrant « préventivement la surface des feuilles de diverses « substances capables de faire perdre aux spores leur

« vitalité ou, du moins, d'entraver leur germina-
« tion. »

L'éminent botaniste a en effet remarqué la fragilité extrême de la conidie ou spore d'été, agent principal



Maison de MILLARDET à Bordeaux.

de la propagation du parasite. Elle peut être atteinte mortellement ou du moins privée de toute faculté germinative si l'action préventive s'exerce avant que la semence invisible encore ait commencé à se développer. Ce développement exige une certaine humidité atmosphérique et une température convenables en même temps qu'un certain délai d'ailleurs assez variable.

Ces divers éléments constituent l'apport propre et de beaucoup le plus important, à notre avis, de A. MIL-

LARDET. Le savant devait par la suite soutenir des polémiques assez désagréables au sujet de sa priorité en ce qui concerne la bouillie bordelaise et spécialement l'emploi du cuivre.

On comprend que MILLARDET ait affirmé dès 1885 : « Je revendique donc hautement l'honneur d'avoir le « premier conçu le traitement par le cuivre, celui « d'avoir expérimenté le premier et de l'avoir, le pre« mier également, proposé à la pratique. Qu'on me « permette d'ajouter — car ce sont là, pour nous « autres savants, nos titres et nos souvenirs les plus « chers — que le premier, en 1878, en même temps « que M. PLANCHON, j'ai constaté la présence du mil« diou en France, et que, de plus, j'ai constamment « été sur la brèche. Mes travaux en font foi. »

En Gironde comme d'ailleurs en Bourgogne, je crois que la mixture sulfate de cuivre-chaux fut expérimentée par divers praticiens sans autre point de départ que la routine ou quelque hasard heureux.

Mais au point de vue scientifique si on appelle découvert ce qui est expliqué et mis au point scientifiquement, publié dans une formule définitive et motivée, il n'y a pas de doute. L'Académie des Sciences décida très justement, en octobre 1893 quant elle décerna à MILLARDET le prix Morogues « persuadée que l'emploi des sels de cuivre pour combattre le mildiou a sauvé d'une ruine imminente l'une des cultures les plus importantes de notre pays. »

Dans sa simplicité, le procédé est prodigieusement ingénieux. Il n'eût certainement point été retenu ni son bienfait généralisé sans la mise au point et l'étude par des savants de premier ordre.

Tout le système actuel de défense part des indications concernant la physiologie de la spore et son régime d'incubation. Il faut aussi noter cette précision essentielle que le remède doit être déposé sur la face supérieure, à l'endroit où tomberont pour le plus grand nombre les germes apportés par les courants

atmosphériques. MILLARDET, au début des traitements ne pouvait assez insister sur la nécessité de traiter à temps et comme il faut. Il dut répéter à l'infini qu'on ne doit pas changer l'exposition des feuilles après le sulfatage. Que celui-ci doit intervenir au moment de la contamination et de la germination possibles ; pas trop à l'avance ni trop tard après. Ce qui n'empêchait pas de braves viticulteurs ayant traité 2 ou 3 jours trop tard de récriminer : « La preuve que votre remède, « Monsieur, il ne vaut rien du tout, c'est que trois « jours après que j'avais traité, la maladie blanche était « sous toutes les feuilles. »

Il était intéressant de noter — et plus exactement peut-être que ne l'avait fait MILLARDET lui-même – la part de la recherche scientifique en ces débuts d'une grande réalisation pratique. On n'eut pas le temps d'y faire assez attention quand il fallait d'urgence trouver un remède et sauver le vignoble en péril. Même les savants étaient un peu pressés. On ne peut leur reprocher quelque émulation à arriver bons premiers pour publier un résultat et attacher son nom à une nouveauté. Après avoir, dès le début de 1882, indiqué l'emploi du sulfate de cuivre, MILLARDET avait vu surgir nombre d'indications analogues ; et ses essais au vignoble avaient de nombreux émules

En Bourgogne, de nombreuses expériences ayant pour base « l'application du sulfate de cuivre — soit seul en pulvérisation sur la vigne en pleine végétation « — soit seul ou mélangé de chaux et dans l'eau, mis en « présence, je ne dis pas en contact, de la vigne au « moyen d'un corps absorbant échalas, tresses de « paille ou liens d'accolage. » *Bulletin du Comité d'Agriculture de l'arrondissement de Beaune*, octobre 1885.)

La poudre PODECHART signalée dans le même recueil pour ses excellents résultats était à base de chaux grasse délitée dans une solution de sulfate de cuivre. Ce qui réalisait identiquement le résidu sec abandonné

sur les feuilles par la bouillie bordelaise. Et celle-ci, sous sa forme liquide habituelle, mais à des dosages variables faisait, en Gironde, l'objet de plusieurs expériences. Tel M. Jouet, ingénieur agronome, dont les résultats parurent l'année suivante. Millardet ne pouvait davantage différer sa publication. « Néan-« moins, dit-il en octobre 1885, comme un certain « bruit se faisait autour du traitement au sulfate de « cuivre, je me décidai à faire part à la Société d'Agri-« culture de la Gironde des résultats acquis. » Cette communication eut lieu le 1er avril 1885. Il est intéressant d'en reproduire le compte rendu inséré aux *Annales* de la Société. L'auteur nous met en mesure de suivre l'évolution de ses idées et le progrès de ses résultats. Il est bien loin cependant de relater au complet tout ce qu'il fut amené à imaginer et à essayer.



Communication faite par M. MILLARDET à la Société d'Agriculture de la Gironde le 1er avril 1885.

« Messieurs, à la fin d'octobre 1882, j'eus occasion de traverser le vignoble de Saint-Julien, en Médoc. Je ne fus pas médiocrement étonné de voir que tout le long de la route que je suivais, la vigne portait encore des feuilles, tandis que partout ailleurs celles-ci étaient tombées depuis longtemps. Il y avait eu du Mildew cette année-là, et mon premier mouvement fut d'attribuer la persistance des feuilles, le long du chemin, à un traitement quelconque qui les avaient préservées de la maladie. L'examen me permit, en effet, de constater immédiatement que ces feuilles étaient recouvertes en grande partie, à la face supérieure, d'une couche mince, adhérente, d'une substance pulvérulente d'un blanc bleuâtre.

« Arrivé au château Beaucaillou, je questionnai le régisseur, M. Ernest David, qui me dit que la cou-

tume, dans la commune de Saint-Julien était de couvrir les feuilles de *vert-de-gris*, le long des chemins, à la véraison des raisins, pour éloigner les maraudeurs ; ceux-ci, en voyant ces feuilles couvertes de taches cuivreuses, n'osent goûter aux fruits cachés en dessous, de crainte qu'ils n'aient été souillés de la même manière.

« Je ne pus cette année-là, obtenir des renseignements plus précis, mais j'en avais assez vu pour avoir la conviction que la conservation des feuilles était due à l'action du cuivre, qui avait empêché la germination des spores du Péronospora à leur surface. Cette observation vint fortifier en moi une opinion que diverses recherches avaient fait naître déjà, à savoir : *un traitement pratique du mildew doit avoir pour but, non de tuer le parasite dans les feuilles qui en sont infectées, ce qui est à peu près impossible, mais de prévenir son développement, en couvrant préventivement la surface des feuilles de diverses substances capables de faire perdre aux spores leur vitalité, ou du moins d'entraver leur germination.*

« L'année suivante (1883) je fis, sur les Chasselas de mon jardin plusieurs essais dans cette direction, Bien qu'ils ne m'aient pas donné grands résultats, il pourra être utile de les indiquer sommairement ici.

« Dans une première série d'essais, je déposai à la surface des feuilles une couche infiniment mince de sulfate de cuivre et de fer, au moyen de solutions très étendues de ces sels, qui étaient, pulvérisés par un appareil quelconque. (Pour des feuilles adultes les doses maxima sont : 1 gramme de sulfate de fer du commerce pour 100 grammes d'eau distillée, 1/2 gr. de sulfate de cuivre du commerce pour la même quantité d'eau.)

« Dans une seconde série d'essais, dès que les solutions dont je viens de parler étaient sèches à la surface des feuilles, c'est-à-dire 1/2 heure ou une heure après la pulvérisation, je pulvérisai à la surface des mêmes feuilles des solutions étendues de phosphates,

de carbonates et de sulfures alcalins. Il se formait ainsi instantanément une couche de phosphate, de carbonate, de sulfure de fer ou de cuivre.

« Enfin, dans une dernière série d'essais, je pulvérisai à la surface supérieure des feuilles une émulsion oléagineuse (eau distillée, 100 grammes ; carbonate de soude ou de potasse, 1 gramme huile de colza ou d'arachide, 5 grammes). Agiter fortement jusqu'à couleur laiteuse.

Après l'évaporation de l'eau de l'émulsion, les feuilles se trouvaient couvertes d'une couche mince d'huile, formant un vernis brillant. A l'aide d'un soufflet à soufrer, je répandais alors à leur surface du soufre ordinaire, du soufre d'Apt (mélange de soufre, gypse, etc.) du ungivore (mélange de soufre d'Apt et de sous-sulfate de fer insoluble), enfin de la poussière de route. Ces poussières tombant sur le vernis huileux résultant de la pulvérisation, y restèrent si fortement adhérentes, que six semaines après, malgré la pluie, on les y reconnaissait facilement.

« Malheureusement, je n'eus pas beaucoup de mildew dans mon jardin cette année 1883. Par une autre fatalité, mes Chasselas appartiennent à la variété verte (non dorée), la moins sensible au mildew que toutes les variétés de Chasselas, lesquelles sont, en général, peu sujettes à la maladie ; aussi ne me fût-il pas possible de retirer de mes essais tous les éclaircissements que j'en attendais. Cependant, il me parut que, tandis que les essais des deux premières séries n'avaient rien produit d'apparent, ceux de la troisième avaient été suivis de quelques bons résultats.

« En 1884, je fis part de ces indications à M. E. DAVID dont j'ai parlé plus haut, et l'engageai à répéter les traitements de la troisième série, en grande culture, au château Dauzac, commune de Margaux. M. DAVID et le propriétaire du vignoble M. Nat. JOHNSTON, se prêtèrent obligeamment à mon désir et les essais furent faits méthodiquement sur plusieurs rangs de vigne.

Malheureusement, cette année 1884, le mildew, qui a fait tant de mal à Pauillac, a été des plus bénins à Margaux, de sorte que les essais faits au château Dauzac ne peuvent jeter aucun jour sur la question.

« Mais cette année 1884, ne fut pas cependant perdue pour le traitement du mildew ; j'espère même qu'elle fera époque dans son histoire.

« En effet, il s'est trouvé que cette maladie, qui n'a causé aucun dommage au château Dauzac, a sévi, au contraire, d'une façon assez intense à Saint-Julien, de telle sorte que le traitement dit *au vert-de-gris*, dont il a été d'abord question, s'est encore montré cette année comme en 1882, très efficace contre le mildew. La preuve qu'il en a été ainsi est fournie par l'observation suivante, qui se trouve consignée au procès-verbal de la séance du 3 décembre 1884 de La Société d'Agriculture de la Gironde :

« M. Chatry de la Fosse a été frappé de voir à Gruaud-Larose, à la fin d'octobre, que tous les ceps de Malbec placés le long des grandes allées ou des routes, et qui avaient reçu une aspersion *de sulfate de cuivre dilué*, comme c'est une vieille coutume en Médoc à l'époque des vendanges, pour mettre les raisins mûrs à l'abri de l'indiscrétion des passants, il a été frappé, dis-je, de voir que ces vignes étaient préservées du mildew, tandis que le reste de la pièce était envahi par le cryptogame.

« A la lecture de cette communication, j'écrivis à M. David, pour lui demander des renseignements. Etait-ce le vert-de-gris, était-ce le sulfate de suivre que l'on employait ? Comment, à quelle dose ? voici sa réponse.

Monsieur,

« Vous aviez eu raison d'attribuer, il y a deux ans, à l'aspersion des feuilles que l'on pratique le long des chemins, en vue de prévenir la maraude, le bon état de conservation et leur résistance au mildew. C'est bien à ce traitement qu'ils

sont dus, et non au relèvement des terres à l'extrémité des rangs ou à l'action des poussières de la route, malgré que celles-ci soient capables de prévenir de l'oïdium. J'en ai, acquis la preuve dans une pièce qui avait été badigeonnée le long d'un faux chemin, quatre rangs de chaque côté et tout le long de ce dernier.

« Quelques personnes, paraît-il se servent du vert-de-gris, mais la plupart ont recours au sulfate de cuivre du commerce. J'ai fait une enquête, de laquelle il résulte, que pour 100 litres d'eau, les uns emploient 2 kg. 200 de sulfate, les autres emploient 4 kg. 400, d'autres enfin 6 kg. 500. J'ai pu m'assurer que c'est cette dernière dose qui est suivie des meilleurs résultats. Les ceps ainsi traités ont conservé leurs feuilles, cette année, jusqu'à la fin d'octobre.

« Voici, d'après mes essais, comment on peut préparer le mélange préservateur ; dans 100 litres d'eau quelconque (de puits, de pluie ou de rivière) on fait dissoudre 8 kilos de sulfate de cuivre du commerce. D'un autre côté, on fait avec 30 litres d'eau et 15 kilos de chaux grasse en pierre, un lait de chaux que l'on mélange à la solution de sulfate de cuivre. Il se forme un dépôt bleuâtre. L'ouvrier verse une partie du mélange dans un seau ou un arrosoir qu'il prend de la main gauche, tandis que de la droite, à l'aide d'un petit balai, il asperge les feuilles au moyen de la bouillie préservatrice, tout en prenant des précautions pour ne pas atteindre les raisins.

Veuillez agréer, etc...

E. DAVID.

« Voilà donc un traitement facile et peu coûteux qui a réussi, à deux reprises différentes au moins, dans le Médoc, contre un mildew d'une grande intensité. Il me paraît que c'est là une piste qui mérite d'être suivie. M. DAVID compte le faire, et sans doute la Société d'Agriculture de la Gironde qui vient de constituer une commission pour l'étude du traitement du mildew, ne négligera rien pour élucider une foule de questions que suscite l'emploi du moyen dont je viens de parler. »

Je ferai remarquer que le traitement doit être pré-

ventif ; qu'il ne s'agit en aucune façon de détruire le Peronospora, mais simplement d'empêcher ses germes de pénétrer dans l'intérieur de la feuille. Or, le mildew n'apparaît guère dans les vignobles avant le milieu de juin. Jusque-là, les propriétaires peuvent consacrer leurs loisirs au traitement des autres fléaux de la vigne. Mais à partir de ce moment-là, pendant les mois de juillet et d'août surtout, que leur attention soit constamment en éveil, afin qu'à la première constatation du parasite, immédiatement, dans les vingt-quatre heures, le préservatif soit appliqué, au moins comme essai pour une première fois. Le mélange dont je viens de parler, une fois qu'il s'est desséché à la surface de la feuille, y reste bien adhérent, malgré la pluie, et cette adhérence est une garantie de son efficacité. Il sera bon néanmoins, de recommencer l'opération quelques semaines après la première application. Aucun accident n'est à redouter, même à l'extrémité des pousses et sur les bourgeons les plus tendres. Cela vient de ce que tout le sulfate de cuivre est décomposé par l'action du lait de chaux et passe à l'état d'hydrate d'oxyde de cuivre, qui vraisemblablement, ne se dissout que très lentement, et en quantités infinitésimales dans l'eau déposée à la surface des feuilles par la pluie, le brouillard ou la rosée.

Il est important de ne pas toucher les raisins avec le mélange cuivreux. Il semble, en effet, d'après quelques renseignements qui me sont parvenus, que l'usage des vins fabriqués avec ces raisins ait été suivi plusieurs fois de graves accidents.

(Suivent, dans le compte rendu, les interventions de divers sociétaires présents. On craint que le dépôt n'étouffe la feuille, que le nouveau traitement ne soit trop onéreux, que la qualité du vin ne soit compromise, que le vin ne contienne du cuivre, etc.).

***

Dans cette communication estindiquée pour la première fois et très exactement située la collaboration du chimiste U. Gayon. Dès son entrée à la Faculté des Sciences de Bordeaux, comme maître de conférences de chimie, il s'était lié d'amitié avec son collègue botaniste et leurs noms figurent ensemble au bas d'une importante étude de chimie vinicole publiée en 1879.

Tout comme les autres, Gayon fut traîné à Talence, dans le petit jardin de Millardet, pour y voir les premiers essais contre le mildew.

Dès 1885, ce fut la collaboration continuelle. Pour les controverses, seulement, Millardet s'est chargé de tout. U. Gayon ne participa jamais à la querelle. Un peu à contre cœur, il s'était associé à une besogne urgente et du plus grand intérêt. Car la Bouillie Bordelaise — cinq ans à travailler et à faire travailler d'arrache-pied — fit abandonner l'étude des fumiers, étude la plus chère et pleine de promesses, m'a souvent dit U. Gayon, et à laquelle Pasteur l'avait tout spécialement encouragé. Il n'en fut plus question et de nombreuses expériences déjà mises en train ne furent même pas dépouillées. La Science Agronomique y a certainement perdu. Tout cela pour collaborer à une œuvre urgente, mais aussi pour être houspillé, le cas échéant, de quelle façon ! Le botaniste en eût quelque amertume. Gayon, aucunement. Chez Pasteur, il avait vu le Maître traité de manière encore plus désobligeante. L'une de ses maximes était qu'il ne faut pas s'émouvoir et continuer de faire au mieux. Le temps fait justice des maladroits et des charlatans. Il récompense tôt ou tard les bons ouvriers.

Gayon avait été sollicité, dès 1884, à la Société d'Agriculture, d'étudier un remède contre le mildiou. Il se déroba en invoquant la nécessité de moyens, personnel et crédits dont il ne disposait pas encore. En

réalité, n'ignorant point les idées de MILLARDET, ni ses premières recherches, GAYON n'entendait pas aller sur les brisées de son ami, le sachant d'ailleurs fort capable d'aboutir tout seul.

Des premières publications de MILLARDET, il ressort que ce savant, tout en croyant à l'action du cuivre, envisageait surtout celle de ses sels solubles. Telles étaient en effet les idées du moment. On les retrouve dans la « Microbiologie » donnée par DUCLAUX en 1883 à la grande Encyclopédie Chimique de Frémy. C'était d'ailleurs le sulfate de cuivre qu'on trouvait à la base de toutes les préparations ayant fait preuve de quelque efficacité.

Cette idée initiale explique l'importance qu'attachait MILLARDET à la présence de cuivre soluble dans la bouillie. Ceci ne souffrait pas de difficulté avec la bouillie bordelaise alcaline fraîchement préparée. Il en allait tout autrement pour les dépôts persistant sur la feuille aspergée de bouillie après que celle-ci avait été aérée et séchée. C'est à U. GAYON que revint la tâche difficile de fournir une explication avec déterminations chimiques à l'appui.

L'expérience amena très vite à abandonner les solutions salines. Il fallut revenir et s'en tenir aux préparations où le métal toxique était précipité, au moins pour la plus grande part, sous forme insoluble.

A la même époque, les Bourguignons utilisant la poudre Podechart (*Vid. sup.*, p. 3) abandonnaient délibérément toute action imputable à du cuivre soluble (*Bulletin du Comité d'Agriculture de l'arrondissement de Beaune*, oct. 1885, page 4). « *Ici, plus de sulfate de cuivre ;*
« *il s'est produit une double décomposition qui donne du*
« *sulfate de chaux et des composés de cuivre insolubles,*
« *comme cela résulte d'expériences faites par M. de* VER-
« GNETTE *et pour nous ce sont ces composés insolubles qui*
« *possèdent l'action curative.* » On sait que cette manière de voir des Bourguignons de 1885 a été récemment reprise avec quelque faveur.

Soucieux d'utiliser toutes les observations recueillies, MILLARDET et GAYON utilisèrent les procédés les plus variés. Ils furent ramenés à la Bouillie Bordelaise, d'abord parce que c'était le meilleur procédé, ensuite parce que les résultats acquis lui assuraient un accueil plus facile. Mais il pourra être intéressant de reprendre et d'adapter à nos moyens actuels les divers agents qui furent étudiés dès la première heure. Les poudres — écartées à cause de leur incommodité et malgré les excellents résultats obtenus par exemple avec la « sulfatine », les poudres DAVID et PODECHARD — pourraient représenter une facilité culturale et des économies sérieuses. De même, ce qu'on avait considéré comme matières inertes — poussières des routes par exemple — et qui intervenaient utilement dans plusieurs modes de traitement pourra être étudié de plus près au point de vue chimique et physiologique. De même l'artifice institué par MILLARDET, dès 1883, et qui assurait aux poudres une adhérence remarquable grâce à la solution savonneuse projetée au préalable sur la feuille.

C'est le fer qui paraît, immédiatement après le cuivre, avoir fait envisager à MILLARDET et GAYON une action efficace contre le mildiou.

***

Cinquante ans après, une remarque s'impose. Dès le début, ou du moins très rapidement, le remède a été amené à sa formule la plus parfaite. En tout cas, cette formule n'a guère varié. Les modes et les moments d'application ont seuls progressé. Encore faut-il rappeler que tout le système de prévision et d'avertissement admirablement institué par MM. CAZAUX-CAZALET et J. CAPUS est parti de la donnée initiale concernant la fragilité de la conidie, et l'urgence de la stériliser avant toute germination.

Les diverses publications de MILLARDET et GAYON — et mieux encore les souvenirs recueillis auprès de ce dernier — me permettent d'évaluer plus justement que personne la besogne invraisemblable fournie par les deux savants durant un espace de temps relativement court et parmi de multiples occupations d'enseignement ou d'administration.

S'il faut admirer le travail du laboratoire ou du cabinet, l'expérimentation sur le terrain fut de tout premier ordre. MILLARDET et GAYON ne manquèrent jamais l'occasion de rappeler le travail fourni par E. DAVID, régisseur de château Dauzac en Médoc, leur collaborateur infatigable. J'ai tenu à lui rendre hommage, quand nous avons commémoré à Bordeaux le Cinquantenaire de la Bouillie Bordelaise. Il suffira de rappeler certaines expériences où 18 traitements ou modes d'application différents étaient expérimentés simultanément, sur quelque cent mille pieds, en spécimens multiples avec témoins à l'appui. DAVID veillait à tout, notait tout. Il joua certainement un rôle capital pour ramener MILLARDET du cuivre à l'état soluble (solution de sulfate de cuivre) aux combinaisons sulfate et chaux. Ces dernières correspondaient bien à la « substance pulvérulente d'un blanc bleuâtre » que MILLARDET et beaucoup avaient signalée sur les ceps indemnes, le long des routes. Une lettre que m'écrivait, en 1930, le vieux régisseur médocain est signée : « E. DAVID. Ancien collaborateur de M. MILLARDET « pour le traitement du mildiou, j'ai le premier créé « la bouillie Bordelaise en ajoutant de la chaux à la « solution de sulfate de cuivre que m'avait indiqué « M. MILLARDET. » Dans toute cette recherche, on admirera comment deux grands savants furent continuellement ramenés par l'expérience et la pratique vers les réalisations que le succès devait consacrer.

***

C'est tout un volume — et plusieurs déjà ont été parfaitement écrits — que l'on pourrait consacrer à l'histoire du traitement du mildiou par les sels de cuivre. On ne pourrait y signaler un progrès énorme de la théorie ni des explications. Il est heureux qu'on n'ait pas attendu ces dernières pour préserver le vignoble. Mais il n'est pas dit qu'elles ne pourraient pas aider le cas échéant à réaliser quelques progrès ou nous permettre d'inaugurer des voies nouvelles.

A prétendre seulement, esquisser un « historique bordelais », on m'excusera de m'être borné à l'œuvre primitive de MILLARDET et GAYON.

LA BOUILLIE BORDELAISE

par

L. RAVAZ

Correspondant de l'Institut

Le mildiou, découvert en France presque simultanément par PLANCHON et MILLARDET en 1878, se montra bientôt très inquiétant pour la santé de nos vignes, l'abondance et la qualité des récoltes.

Aussi de tous côtés, savants et praticiens s'employèrent-ils à rechercher et à expérimenter les substances qui leur paraissaient, pour des raisons diverses, capables d'enrayer et de vaincre la maladie et parmi lesquelles se trouvaient les plus usuelles, connues comme ayant des propriétés anticryptogamiques : soufre, sulfate de fer, cendres, soude, chaux, plâtre, etc. bref tout ce que l'on avait facilement sous la main. Chose curieuse, le sulfate de cuivre, cependant déjà d'une large utilisation agricole ne figure pas dans cette première liste des produits expérimentés.

MILLARDET a consacré au mildiou des études approfondies de botanique, qui lui ont fait connaître le champignon parasite, son organisation, ses organes de reproduction et surtout la fragilité et la sensibilité de ceux-ci à des agents même peu nuisibles.

Et dès ce moment, dit-il, il avait acquis la conviction *qu'un traitement pratique du mildiou doit avoir pour but non de tuer le parasite dans les feuilles qui en sont infectées, ce qui semble impossible sans tuer les feuilles elles-mêmes, mais de prévenir son développement*

en couvrant préventivement la surface des feuilles de diverses substances capables de faire perdre aux spores leur vitalité ou, du moins, d'entraver leur germination.

Sa conviction fut encore fortifiée par une remarque qu'il put faire en 1882 dans les vignes du Médoc, et qui est la suivante :

Comme on sait, il est d'usage en Gironde et dans beaucoup de vignobles où la vigne tend à envahir jusqu'à la chaussée des routes et des chemins, de salir les souches des extrémités des rangs, afin d'en éloigner les chemineaux-maraudeurs, soit avec un lait de chaux, soit avec une bouillie composée de sulfate de cuivre et de chaux, qui est plus adhérente, et dont l'aspect bleuâtre, plutôt repoussant, laisse supposer des produits toxiques dangereux. Or le bon état des souches ainsi traitées contre les chemineaux avant la véraison retint l'attention de MILLARDET : « A fin octobre écrit-il j'eus l'occasion de traverser le vignoble de Saint-Julien en Médoc. Je ne fus pas médiocrement étonné de voir que tout le long de la route que je suivais, la vigne portait encore des feuilles, tandis que partout ailleurs celles-ci étaient tombées depuis longtemps. Il y avait eu du Mildiou cette année-là, et mon premier mouvement fut d'attribuer la persistance des feuilles, le long du chemin, à un traitement quelconque qui les avait préservées de la maladie. L'examen me permit en effet de constater immédiatement que ces feuilles étaient couvertes en grande partie à la face supérieure d'une couche mince adhérente d'une substance pulvérulente d'un blanc bleuâtre ».

Il s'agissait du mélange de chaux et de sulfate de cuivre employé contre les maraudeurs. L'idée d'utiliser ce mélange contre le mildiou s'imposait et MILLARDET fit part à son excellent collaborateur, M. DAVID, régisseur du Château de Beaucaillou de l'espoir que cette observation « faisait naître en moi dit-il, de trouver dans les sels de cuivre, le traitement

du mildiou ». Ce fut l'éclair qui illumine chez les chercheurs qui le méritent, la vérité jusqu'alors restée dans l'obscurité.

Cet espoir trouvait un nouveau point d'appui dans les résultats d'expériences de laboratoire portant sur la sensibilité des organes de dissémination du mildiou à l'action de certaines substances et qui établirent que la germination des conidies et zoospores était rendue impossible, dans les solutions, pour la chaux de $\frac{1}{10.000}$, pour le sulfate de fer de $\frac{1}{100.000}$ de fer et pour le sulfate de cuivre de $\frac{2 \text{ à } 3}{10.000.000}$ de cuivre.

Se basant sur ces données, de nouvelles expériences avec le mélange médocain et sur ses essais de laboratoires, MILLARDET avec son collaborateur, M. DAVID multiplia ses expériences en plein vignoble.

Les résultats furent assez satisfaisants pour qu'il lui parut être autorisé à les porter à la connaissance du public viticole. C'est ce qu'il fit par une communication à la Société d'Agriculture de la Gironde dans sa séance du 1er avril 1885.

De nombreuses applications du remède eurent lieu aussitôt en Gironde dans les plus grands vignobles, Château Beaucaillou à M. JHONESTON, château Langoa dirigé par M. JOUET et dans toutes les régions viticoles, parfois sur des surfaces étendues et ce toujours avec plein succès.

La découverte du remède au mildiou de la vigne a donc eu pour origine la constatation des effets de la bouillie médocaine sur les vignes défendues contre les chemineaux. Ces effets étaient connus de tous les passants qui regardent, mais aucun n'y a attaché de l'importance. Pour en marquer la signification, il a fallu un homme, déjà préparé par ses travaux antérieurs, habitué à observer, à réfléchir sur les faits et à en mesurer la portée, les conséquences d'ordre pratique. L'honneur en revient incontestablement, tout l'honneur à MILLARDET.

Ces résultats n'échappèrent pas à l'Administration de l'Agriculture et un de ses inspecteurs généraux, très qualifié par ses travaux sur les maladies des végétaux, M. PRILLIEUX, fut chargé de lui faire un rapport.

Dans ce rapport, M. PRILLIEUX écrit ceci :

Si je n'ai pas été victime d'une illusion pendant toute l'excursion que je viens de faire dans le Médoc, on a maintenant pour se protéger du mildiou un remède aussi efficace qu'est le soufre pour combattre l'oidium.

Qui plus est, il ne me semble pas impossible que ce remède inespéré profite, non pas seulement aux propriétaires des vignes, mais encore aux agriculteurs du Nord. Le peronospora de la vigne est proche parent de celui de la pomme de terre, et il n'y a pas d'invraisemblance à supposer que le remède efficace pour l'un puisse avoir aussi une action efficace sur l'autre. Déjà je puis apporter un fait à l'appui de cette hypothèse. Au Château Langoa, des tomates étaient atteintes d'une maladie qui, selon toute apparence, était due au développement du peronospora de la pomme de terre qui, comme on sait, attaque aussi la tomate. M. Jouet les a traitées comme ces vignes et il m'assure en avoir ainsi obtenu la guérison ».

« Si isolé que soit encore ce fait, il doit être indiqué *pour que l'année prochaine les cultivateurs, soit de tomates, soit surtout de pommes de terre, ce qui est bien plus important, fassent dans leurs champs, dès la première apparition de la maladie, des essais analogues à ceux qui ont été effectués avec tant de succès cette année dans le Médoc sur les vignes* ».

Et ainsi était déjà envisagée l'utilisation de la Bouillie Bordelaise à la défense des végétaux contre les maladies cryptogamiques qui les atteignent.

La Bouillie médocaine devenue la Bouillie Bordelaise est presque une pâte compacte, étant ordinairement composée de 8 kilos de sulfate de cuivre, 15 kilos de chaux dans 130 litres d'eau. Et peut-être faut-il qu'il en soit ainsi pour qu'appliquée au

balai de bois, elle forme sur les feuilles des taches bien visibles des passants.

Contre le mildiou, ces hautes teneurs en cuivre et chaux ne sont peut-être pas indispensables. Et c'est ce que montrèrent des expériences instituées par MILLARDET et GAYON et plusieurs collaborateurs : les bouillies à 2 % de sulfate de cuivre et même 1 % parurent souvent aussi efficaces que les plus concentrées. En France, le titre de 2 % est généralement adopté, sauf au cas de fortes attaques, où il est porté à 3 et 4 % ; en Italie, les bouillies à 1 % sont d'un usage général.

Les premières bouillies étaient fortement alcalines. Puis on en vint aux bouillies neutres ou presque neutres, en réduisant la dose de chaux à ce qui était nécessaire pour saturer le sulfate de cuivre. On en vint même aux bouillies acides.

Ces dernières ont joui parfois des préférences des viticulteurs. C'est notamment quand la maladie prend une allure catastrophique et qu'on se raccroche à n'importe quelle planche de salut, Ce fut aussi quand il fallut combattre le Black Rot. Mais on revint bientôt à la bouillie bordelaise ordinaire, qui, qu'on le veuille ou non, est à peu près toujours alcaline, et même, comme la bouillie Cadoret, très alcaline.

Préparation. — La technique de la préparation a été pendant longtemps la suivante : Le lait de chaux est versé dans la solution de sulfate de cuivre, en agitant. Le précipité formé à une composition variable avec les proportions respectives des éléments mis en présence ; physiquement, il est constitué par une partie colloïdale et par des vésicules.

En Suisse, Allemagne et même ailleurs, le sulfate de cuivre est versé dans le lait de chaux en agitant ; même composition chimique du précipité que dans le cas précédent, mais ici les vésicules font défaut,

elles sont remplacées par des cristaux en aiguille de composition complexe.

Des modifications de détail justifiées quelquefois par des circonstances spéciales ont été apportées à ces techniques ; ce n'est pas le lieu d'en discuter.

Au lait de chaux, il a été quelquefois substitué l'eau de chaux. Ici pas de vésicules et pour cause, seulement un précipité en lamelles flottantes dans le liquide. Efficacité réduite.

Les bouillies alcalines contiennent 1° de la chaux libre en excès, et 2° un précipité formé surtout d'hydrate d'oxyde de cuivre.

D'après MILLARDET, la chaux, surtout au moment de l'application du remède détruit les zoospores et cette action, elle la possède tant qu'elle n'est pas carbonatée. A l'état de carbonate de chaux, elle est inactive. Peut-être conserve-t-elle son activité dans les grosses gouttes de bouillie que donne l'épandage au balai et cela explique le succès des frères BELLUSI. Mais dans les pulvérisations en couches minces, actuelles, elle doit la perdre assez vite, et cela explique-t-il certains insuccès récents — du reste, elle n'intervient pas dans les bouillies acides ou très neutres.

La préservation est donc confiée à partir de ce moment au dépôt d'hydrate d'oxyde de cuivre qui est peu soluble, mais qui se dissout d'après MILLARDET et GAYON dans les eaux météoriques en quantité suffisante pour entraver la germination des conidies et des zoospores du parasite.

Il apparaît ainsi que l'élément actif principal de la défense est le cuivre, sous quelque forme qu'il se présente, et cela a été établi par les expériences de MILLARDET et GAYON, par celle de M. G. FOEX, ancien Directeur de l'École Nationale d'Agriculture de Montpellier, le père de l'organisateur de cette réunion et à qui il m'est particulièrement agréable d'adresser ici l'hommage de ma reconnaissance pour

ce qu'il a fait pour guider et encourager mes débuts et surtout pour l'impulsion et l'orientation, qu'avec M. P. Viala, il a donné aux efforts de l'École Nationale de Montpellier dans la voie de la recherche scientifique appliquée à l'Agriculture.

Cela résulte aussi des effets remarquables obtenus avec les échalas sulfatés sur les vignes à encombrement restreint et publiés par M. Perret ; des liens de paille sulfatés, des solutions simples du sulfate de cuivre, qui cependant n'ont pas eu toujours, mais pour des causes connues, l'efficacité qu'on en attendait ; par l'efficacité d'autres sels de cuivre, tels que les verdets neutres et basiques, les polysulfures de cuivre, les oxychlorures, etc...

On a, par la suite, cherché à améliorer la bouillie bordelaise, par exemple par une addition de sucre qui, solubilise le cuivre ; par des fixatifs divers, tels que la gélatine et la caséine qui en augmentent l'adhérence, par des substances qui, en diminuant la tension superficielle, en facilitent la pénétration et la fixation sur des organes qui ne peuvent retenir les bouillies ordinaires.

Cependant, la plupart des vignerons continuent à employer la bouillie ordinaire à 2 % de 1886.

Elle a servi aussi de véhicule à des substances devant combattre d'autres maladies ; le soufre par exemple en poudre ou à l'état colloïdal ; ou les insectes, tels que les huiles de paraffine, les sels d'arsenic, etc., Son action sur le mildiou n'en pas est toujours accrue, mais elle n'a pas paru en être sensiblemen diminuée.

En substituant à la chaux le carbonate de soude, M. Masson de Beaune en a fait la Bouillie Bourguignonne dont je n'ai pas à m'occuper ; l'ammoniaque, M. Audoynaud, en a fait l'eau céleste.

L'utilisation de la bouillie bordelaise n'est pas restée

limitée à la vigne, elle est passée comme on l'a déjà vu à la défense de la pomme de terre, puis je crois bien, de tous les végétaux cultivés dans le monde entier. Si sa découverte a eu un intérêt scientifique de premier ordre, elle a eu aussi une portée économique dont le monde entier a profité ; et l'un et l'autre justifient pleinement l'hommage de reconnaissance que votre Congrès adresse aujourd'hui à MILLARDET.

INFLUENCE DES FACTEURS ATMOSPHÉRIQUES SUR LE DÉVELOPPEMENT DU MILDIOU

par

J. Capus
Sénateur ; Ancien Ministre de l'Agriculture

La découverte de l'action toxique du cuivre sur les germes du Plasmopara viticola ne rendit pas seulement un service incalculable à la pratique : elle ouvrit à la science un champ nouveau.

On connaissait le remède. Il restait à faire la théorie de son action, à rechercher la dose efficace, à étudier les conditions de son application.

Il est impossible de bien décrire l'évolution du mildiou dans la nature sans la joindre à celle d'une autre maladie qui s'est répandue peu après : le black rot, provoqué par le Guignardia Bidwellii qui apparut comme beaucoup plus redoutable, plus mystérieux dans ses manifestations. L'étude de cette maladie conduisit à des notions nouvelles, et les méthodes qui furent mises au jour pour la combattre profitèrent au traitement du mildiou.

Viala et Ravaz montrèrent que le sulfate de cuivre était efficace contre cette maladie. Puis les expériences sur le blackrot, effectuées dans les foyers de ces parasites, permirent de mettre en évidence des notions communes à ces deux maladies. On distingua dans leur développement trois phases : la contamination ou pénétration invisible du germe à l'intérieur des tissus ; l'incubation, c'est-à-dire le développement du

parasite à l'intérieur des tissus attaqués ; enfin, l'apparition, c'est-à-dire la formation des lésions à l'extérieur, le seul phénomène visible.

CAZEAUX-CAZALET montra que le traitement contre le blackrot n'était efficace que pendant une courte période de temps qui précédait l'apparition.

On remarqua qu'il ne suffisait pas que le traitement fût effectué avant la sortie des germes ou apparition, mais bien avant le phénomène invisible de la contamination. Cette notion fut vérifiée également dans le développement du mildiou, puis on trouva que la contamination de chacune de ces maladies était en relations avec les conditions atmosphériques.

INFLUENCE DES CONDITIONS ATMOSPHÉRIQUES

Le mildiou de la vigne est une maladie parasitaire, à caractère épidémique, une épiphytie, comme on dit aujourd'hui.

L'évolution d'une maladie parasitaire chez les animaux est fort différente de l'évolution d'une maladie parasitaire chez les végétaux.

Dans l'étiologie des maladies parasitaires de l'homme ou de l'animal, on reconnaît deux facteurs : le microbe et l'organisme dans lequel il se développe. « L'inoculation d'un microbe nuisible ne peut être considérée que comme le point de départ d'un conflit où chacun des deux êtres en présence lutte avec ses moyens propres et dont l'issue varie selon les circonstances. La maladie microbienne n'est autre que l'une des issues de ce conflit (1). »

Dans le conflit élevé entre un végétal et son parasite, un troisième agent entre en jeu ; il n'est neutre à aucune minute, exerçant tour à tour son influence au profit de l'attaque ou de la défense ; sans lui, même, le conflit n'aurait pas eu lieu ; c'est lui qui marque l'heure où il débute et l'heure où il s'achève.

(1) E. BODIN. *Les conditions de l'infection microbienne.*

Ce troisième agent, c'est l'atmosphère, dont les principaux moyens d'action dans la lutte sont la température et l'humidité. Sans pluie, pas de contamination ; sans une certaine somme de chaleur et d'humidité, pas de maladie. Il nous faut donc reconnaître trois facteurs dans l'étiologie des maladies parasitaires des végétaux ; 1° le parasite, 2° le végétal, 3° les conditions atmosphériques.

La maladie parasitaire d'un végétal est l'issue du conflit élevé entre l'organisme végétal et son parasite, en présence d'un troisième agent : l'atmosphère, qui ne cesse d'y intervenir.

Passons en revue d'une façon rapide le rôle des agents atmosphériques dans le développement du mildiou, par exemple. Pour le phénomène initial, la pénétration invisible du germe ou contamination, il faut une certaine température et de l'eau condensée. Sans pluie, pas d'infection possible. Pour le développement invisible du germe ou incubation, phénomène qui peut durer de cinq à trente jours, il faut une certaine température et un certain taux d'humidité atmosphérique. Avec une température basse, l'incubation sera longue, et, par suite, au cours de la saison végétative de la vigne, les invasions seront moins nombreuses. Dans une atmosphère sèche, l'incubation s'arrêtera. Quand la somme de chaleur nécessaire à ce phénomène aura été obtenue, pour que l'apparition se réalise, c'est-à-dire pour qu'apparaissent des conidies, il faudra ou une pluie ou un certain relèvement dans le taux de l'humidité atmosphérique. Ces phénomènes interviennent pour déclancher soudainement des taches prêtes à se former et qui n'attendaient qu'eux. Une fois la lésion apparue, elle semble avoir une forme définitive ; mais pourtant, au bout de quelques jours, elle peut s'accroître. Cette extension en surface a un double effet sur les feuilles : elle en détruit le parenchyme et aggrave ainsi le dégât ; elle produit de nouvelles conidies qui, une fois dissé-

minées dans l'atmosphère, seront les germes d'une invasion ultérieure. De même, dans l'invasion des grappes, le mycelium peut s'étendre, cheminer à l'intérieur des axes floraux et provoquer les lésions appelées rotbrun. Cette extension des invasions exige également un certain taux de l'humidité atmosphérique.

On voit donc les facteurs atmosphériques intervenir d'une façon constante dans le développement du mildiou. Il en est de même dans le développement du blackrot.

Dans cette lutte, les conditions de l'atmosphère, n'agissent pas seulement sur le parasite : elles font également sentir leur effet sur son hôte et elles l'influencent justement dans celles de ses propriétés qui le rendent plus ou moins sensible à l'action du parasite, c'est-à-dire dans sa réceptivité. C'est dans les terrains humides et dans les périodes pluvieuses que la vigne a toujours le plus de sensibilité à l'égard du mildiou.

Aux influences exercées par l'atmosphère sur le parasite et sur la plante parasitée, il nous faut ajouter une troisième considération ; l'influence qu'elle a sur le parasite considéré en dehors de sa vie parasitaire, une fois morts et tombés à terre les organes qu'il a attaqués, quand il est devenu alors organe de conservation pendant l'hiver et de propagation. Les travaux sur cette question de RAVAZ et VERGE, de GRÉGORY, sont pleins d'intérêt ; il en dérive que les pluies sont indispensables pour permettre le développement des germes d'hiver ou œufs, conservés dans les feuilles mortes, producteurs des conidies de printemps, qui provoqueront les premières invasions de l'année. Cette explication vient dans le même sens que les observations que j'avais faites antérieurement sur l'importance des pluies d'hiver et de printemps, sans lesquelles, ai-je démontré, il n'y a pas au printemps d'invasions redoutables et précoces.

Le mildiou dans ses rapports avec le climat

Le faciès de la maladie étant sous la dépendance principale des facteurs atmosphériques, on pressent qu'il ne sera pas le même dans toutes les régions et qu'il présentera la variété qu'offrent les combinaisons des agents atmosphériques.

Puisque l'atmosphère exerce un tel rôle, on peut se demander si le climat d'une région ne va pas imprimer une allure particulière aux invasions qui y paraîtront. Il en est bien ainsi. L'étude de la maladie dans ses rapports avec le climat est très importante au point de vue scientifique,et va fournir des données précieuses à toute méthode de traitement, à tout système d'avertissements contre les maladies.

Le blackrot n'est dangereux et ne peut même se produire que dans certaines conditions climatiques. Vingt ans d'observations l'ont prouvé.

Le mildiou a une aire de propagation beaucoup plus étendue, mais son allure n'est pas la même dans tous les climats. Je vais décrire la marche de ces invasions, telles que j'ai pu la constater dans une durée d'observations de dix-neuf années. Les divers auteurs qui parlent des invasions de mildiou bornent souvent leur description au seul phénomène de l'apparition, et ils ne relatent que les circonstances atmosphériques qui accompagnent ce phénomène, faute de connaître l'invasion dans son ensemble. L'apparition ou production des taches sur les feuilles n'est que le terme ultime du phénomène: pour l'étudier d'une façon complète et scientifique, il faut le suivre depuis son origine, c'est-à-dire depuis le moment de la contamination. Cette étude est la seule qui nous permette de le relier à ses causes et de le suivre dans son évolution. Cette détermination du moment où débute l'invasion ne peut se faire qu'au moyen de recherches expérimentales, déjà commencées à l'égard du blackrot,

par CAZEAUX-CAZALET, auxquelles je me suis livré d'une façon continue depuis 1898, dans la Gironde, et parfois, avec l'aide de collaborateurs, dans d'autres régions de France. J'ai pu faire ainsi la description complète de toutes les invasions de blackrot et de mildiou qui ont paru, de 1828 à 1920, en l'accompagnant des constatations météorologiques qui peuvent être de nature à les influencer.

DES AVERTISSEMENTS CONTRE LE MILDIOU

Une entreprise qui a pour but d'indiquer les moments les plus propres au traitement contre les maladies cryptogamiques doit s'appuyer forcément sur le plus grand nombre possible de données scientifiques, sur les plus sûres et les plus précises, mais ce n'est pas une œuvre de recherches ou de spéculation. Elle est à la pathologie végétale ce que l'art médical est à la science médicale.

Le directeur d'une Station d'avertissements est comparable à un médecin qui organiserait la défense contre une épidémie dens une région étendue, où il aurait à préserver des individus différents par l'âge, par les conditions sociales, par la race. Ce docteur pourrait bien se livrer en même temps à des recherches scientifiques sur la maladie qu'il voudrait prévenir, mais, dans son action thérapeutique, il ferait œuvre d'application d'art, et non de science pure. Comme dans tout ce qui est art, la part d'habitude, d'expérience personnelle, jouera un rôle considérable.

Ainsi que je l'ai montré plus haut, il ne faudra pas perdre de vue le facteur, l'atmosphère, dont l'intervention est souveraine, et se traduit par l'ensemble des conditions qui constituent le climat et les caractères météorologiques de l'année. C'est l'influence de ce facteur qui rend les invasions intenses ou faibles, ou nulles, fréquentes ou rares, qui détermine leurs phases à telle ou telle époque, et c'est à lui qu'il faudra s'adres-

ser pour avoir à l'avance des notions sur ces diverses données. Il faut donc, pour avoir quelque expérience, en cette matière, connaître par une étude qui devra être le plus prolongée possible, les relations des invasions avec l'atmosphère et avec la climatologie de la région, c'est-à-dire le régime des invasions.

La base d'un système d'avertissements, du moins en l'état actuel de la science, est la connaissance du régime des invasions dans la région. Qu'on me permette une comparaison. Les météorologistes ont cherché à étendre leurs prévisions par l'étude des types de temps. Ils classent les cartes quotidiennes du temps en un certain nombre de catégories, dont chacune représente un des types du temps. « L'étude de ces types exige la réunion de documents portant sur un très long intervalle : bien qu'à peine commencée à l'époque actuelle, elle semble promettre des résultats importants » (ANGOT). Les graphiques des invasions indiquant les diverses phases de ces phénomènes, avec les circonstances météorologiques qui les accompagnent (température, pluie, hygrométrie) sont comparables à des cartes du temps.

A partir du moment où l'on a fait appel aux conditions météorologiques pour la prévision des moments favorables, c'est-à-dire dès 1903, je me suis surtout préoccupé des phénomènes atmosphériques antécédents.

J'appelle phénomènes antécédents les faits d'ordre atmosphériques ou biologiques qui déterminent ou préparent ou au moins précèdent d'une façon constante les contaminations. La pluie ne doit pas nous intéresser seulement en tant qu'elle cause la contamination, mais en tant qu'elle la prépare. Chercher à prévoir la pluie qui va causer la contamination même, ce serait lier d'une façon absolue la thérapeutique ou du moins la prophylaxie contre le mildiou à la météorologie, tandis que la recherche des phénomènes antécédents, quels qu'ils soient, n'asservit les avertis-

sements contre le mildiou à aucune autre science, à aucun système rigide, à aucune théorie.

Je disais, ou plutôt je répétais en 1905 à ce sujet : « Encore une fois, ce n'est pas la pluie de contamination que je veux prévoir par mes avertissements, ce sont les pluies préparatoires. Je n'ai jamais dit qu'il fallait attendre, pour traiter, la pluie de contamination, puisque je répète depuis sept ans, à propos de toutes les invasions, que le traitement cesse d'être bon le lendemain de cette pluie. » (Communication à la Société d'Agriculture de la Gironde, le 14 juin 1905). J'écrivais encore la même chose neuf ans plus tard. « Ce n'est pas la pluie de contamination, mais la période préparatoire qu'il faut prévoir et prévenir » (*Revue de Phytopathologie*, 5 mai 1913).

On trouve les antécédents des invasions primaires dans les conditions atmosphériques et les antécédents des invasions secondaires dans l'extension des taches déjà existantes et dans les circonstances atmosphériques telles que la pluie, l'humidité, les variations de température, qui sont de nature à favoriser ces deux phénomènes.

J'estime que, actuellement, la détermination des époques favorables ne peut être accomplie que par un spécialiste, s'appuyant sur des données scientifiques d'ordre biologique et météorologique, connaissant, par une expérience qui sera d'autant plus sûre qu'elle sera plus longue, le régime des invasions dans la région et indiquant aux praticiens comment ses avertissements doivent être interprétés. En effet, le directeur d'une station d'avertissements peut bien indiquer que le traitement lui paraît opportun dans un foyer de mildiou, mais c'est au viticulteur à reconnaître par son expérience propre si son vignoble est dans un foyer. De tels avertissements d'ailleurs sont faits pour guider l'initiative des viticulteurs et non pour la suppléer et ils ne les dispensent en aucune façon des soins qu'il faut apporter à l'exécution des traitements.

EMPLOI
DE LA BOUILLIE BORDELAISE
DANS LA LUTTE CONTRE
LE *PHYTOPHTHORA INFESTANS*

par

ET. FOEX

Directeur de la Station Centrale de Pathologie Végétale

Peu après que MILLARDET eut inventé la Bouillie bordelaise pour lutter contre le *Plasmopara viticola*, on songea tout naturellement à opposer cet anticryptogamique à d'autres maladies parasitaires.

C'est ainsi que, dès 1885, JOUET montra que, par des pulvérisations de Bouillie bordelaise, on peut protéger la Tomate contre les attaques du *Phytophthora infestans*. Dans ses cultures de Saint-Julien de Médoc, les plantes qui ont reçu une pulvérisation donnent une bonne récolte, alors que sur les autres, les fruits pourrissent sous l'action de la Péronosporacée (1, 2). Il a alors l'idée de traiter la Pomme de terre contre le *Phytophthora infestans*.

La première expérience précise sur l'emploi des préparations cupriques est faite, en 1888, par

(1) PRILLIEUX. — Rapport sur l'emploi de la chaux et du sulfate de cuivre contre le mildiou (*Bulletin du Ministère de l'Agriculture*, 3e année, p. 28, 1886).

(2) PRILLIEUX. — Maladies des Plantes agricoles (Paris, Firmin Didot, 1895).

(3) PRILLIEUX. — Expériences sur le traitement du Mildiou de la pomme de terre (*C. R.*, t. CVII, p. 447, 1888).

PRILLIEUX (3). Bien que portant sur un très petit nombre de pieds, elle donne des résultats très nets.

C'est à peu près à la même époque qu'Aimé GIRARD (1) entreprend ses études sur la lutte contre le *Phytophthora infestans*.

En 1889, il fait des essais comparatifs en grande culture. Par les traitements cupriques, il obtient dès cette première année de travail une augmentatien de récolte s'élevant en certaines circonstances à 22 pour cent.

En 1891, dans le cas de la variété Jeuxey le poids du tubercule est de 41 pour cent plus élevé dans les lots traités que dans les autres.

Aimé GIRARD poursuivra méthodiquement ses essais pendant une série d'années. Les efforts de cet excellent expérimentateur ne tardent pas à être couronnés de succès, si bien qu'il peut attribuer les moindres dégâts subis par la culture en 1891 non seulement à des conditions météorologiques défavorables au *Phytophthora infestans*, mais encore au fait que l'emploi des composés cupriques s'est largement répandu.

Il s'assure le concours de nombreux collaborateurs (356 en 1891) auxquels il indique la marche à suivre pour obtenir le succès. Il leur demande également de fournir des renseignements aussi complets que possible sur le développement de la maladie dans leurs cultures et sur les moyens employés pour la combattre.

Deux cents parmi eux répondent à son appel avec une précision suffisante pour qu'il soit possible d'utiliser les renseignements qu'ils fournissent. Grâce à ces collaborateurs, Aimé GIRARD dresse une carte de la répartition de la maladie en 1891. L'absence de témoins non traités chez les correspondants d'Aimé

(1) GIRARD (Aimé). — La lutte contre la maladie de la pomme de terre au moyen de composés chimiques (*Société Nationale d'Agriculture de France*, Paris 1892).

GIRARD ne lui permet pas de tirer de leurs essais des conclusions aussi solides que celles que lui procurent des expériences de Clichy-sous-Bois.

Dans ce champ d'études, il constate avec la plus grande évidence que les composés cuivriques opposent un sérieux obstacle à la prise de possession de la plante par la maladie.

A la vérité, écrit-il en 1892, sur les espèces résistantes comme la Red Skinned et la Richter's Imperator, le mal n'a eu que peu de prise et la proportion de malades n'a guère dépassé 2 pour 100. Mais, sur les variétés « impressionnables » comme la Gelbe Rose et la Jeuxey, cette proportion s'est élevée à 12,8 et à 14,9 pour cent. Ce sont là, déjà, des pertes sérieuses, mais ces pertes, un seul traitement à la bouillie cupro-sodique les a ramenées à des chiffres insignifiants : 0,35 à 0,09 pour cent.

Sur l'efficacité du traitement, aucun doute ne saurait exister.

Protégées contre le développement du parasite par les composés cuivriques dont le traitement les a couvertes, les feuilles restent vertes, continuent à végéter, à former des matières sucrées, à grossir par conséquent les tubercules.

Aimé GIRARD n'hésite pas à déclarer : « Nos cultivateurs peuvent dorénavant se considérer comme armés solidement pour la lutte. »

Mais, si « l'augmentation de la récolte fournie par les cultures traitées dans les régions atteintes par la maladie est sans aucun doute un fait certain et d'une importance considérable, il peut en être tout autrement là où le *Phytophthora infestans* ne sévit pas, ou faiblement seulement, surtout s'il s'agit de variétés résistantes. C'est ce qu'Aimé GIRARD constate dès 1890 et 1891. En 1892, il est amené à formuler la règle suivante :

« 1° Lorsque la culture est atteinte sérieusement par la maladie, le poids de la récolte sur les parcelles

traitées est toujours supérieur au poids récolté sur les parties non traitées.

2° Lorsque au contraire la culture reste indemne, le traitement pour certaines variétés résistantes, au lieu d'augmenter le poids de la récolte, le diminue dans une légère mesure : 5 à 6 pour cent en général. »

« La préservation de la feuille, en un mot, doit se payer d'une légère diminution de ses facultés productives.

« La nécessité de traiter préventivement les feuilles de Pomme de terre par les composés cuivriques, n'en subsiste pas moins, je me propose de le démontrer », écrit-il.

Aimé GIRARD fait remarquer qu'il n'y a pas de Pommes de terre absolument réfractaire à la maladie ; il n'y a que des variétés plus ou moins résistantes et telle variété qui résiste dans certaines conditions météorologiques, ne résistera pas si ces conditions changent à l'avantage du développement du *Phytophthora infestans*.

Il montre que, selon que le milieu est favorable ou non à la maladie, une même variété peut, du fait du traitement, fournir une récolte sérieusement accrue, ou très légèrement réduite.

Aimé GIRARD conclut : « La maladie de la Pomme de terre, excepté peut-être dans quelques régions priviligiées, menace toujours nos cultures. Les pertes qu'elle peut causer atteignent souvent la moitié de la récolte ; à aucun prix, le cultivateur ne doit s'exposer à un pareil danger ; il ne doit pas se laisser séduire par le léger bénéfice qu'il pourrait réaliser sur quelques variétés résistantes si la maladie ne les atteignait pas ; il doit toujours se garder contre elle ; il doit toujours traiter ses champs de Pomme de terre jusqu'au jour où la maladie, incessamment combattue, aura complètement disparu des régions où elle sévit actuellement.

Ce jour n'est malheureusement pas encore arrivé !

Les sages conseils d'Aimé GIRARD n'ont, en effet,

été que trop peu écoutés ; du moins en France, car, dans certains pays étrangers, les pulvérisations contre le *Phytophthora infestans* sont au nombre des opérations que le cultivateur de Pomme de terre effectue chaque année.

Après avoir démontré l'efficacité du traitement de la maladie de la Pomme de terre au moyen des composés cuivriques, Aimé GIRARD s'applique à définir la marche à suivre pour le traitement.

Les prescriptions qu'il fournit pour effectuer la préparation des bouillies cupro-calciques, cupro-sodiques et de la bouillie sucrée de Michel PERRET, sont celles qui sont encore données aujourd'hui.

Il conseille l'emploi des bouillies à 2 pour cent de sulfate de cuivre. Elles sont encore usitées, bien qu'on s'en tienne souvent maintenant à une concentration de un nour cent. Il est vrai qu'à l'unique traitement d'Aimé GIRARD, nous en ajoutons un ou deux.

Le volume de bouillie répandu à l'hectare par ce savant a pu être réduit grâce au perfectionnement des pulvérisateurs.

Aimé GIRARD se rendait compte que, pour traiter des champs étendus de Pommes de terre, tels qu'il s'en présente beaucoup dans notre Pays, l'appareil à dos ne suffisait pas. Il fallait le pulvérisateur à tractions, à la réalisation duquel il s'est intéressé.

Aimé GIRARD (1) se préoccupe d'établir la valeur relative des diverses bouillies cupriques qui ont été préconisées. Il cherche en particulier à vérifier leur adhérence. Dans ce but, il applique des pulvérisations effectuées dans des conditions bien déterminées, sur des plantes aussi comparables que possible. Grâce à un appareil qu'il imagine et construit, avec le concours de SCHLOESING, il fait tomber sur les plantes traitées une pluie artificielle. Sur le conseil de

(1) GIRARD (Aimé). — Recherches sur l'adhérence aux feuilles de diverses compositions cuivriques (*Société d'Agriculture de France*, Paris, 1892).

MASCART et ANGOT, il déverse trois types de pluie :

1° pluie d'orage, 15 millimètres en 20 ou 25 minutes ;

2° forte pluie, 15 millimètres en six heures ;

3° pluie douce, 10 millimètres en 24 heures.

L'analyse révéle la richesse en cuivre du dépôt, avant et après la pluie.

Aimé GIRARD constate que, d'une manière générale, c'est sous l'action des pluies violentes que la disparition des composés cuivriques se produit dans la plus large mesure. D'où cette conclusion que « c'est à un phénomène d'entraînement mécanique plus qu'à un phénomène de dissolution chimique que cette disparition est due ».

«... des principales compositions conseillées jusqu'ici, écrit-il, celle qui fléchit le plus sous l'action des pluies et surtout des pluies d'orage, est la bouillie cupro-calcique, dite bouillie bordelaise. La diminution de la proportion de chaux, en diminuant sans doute l'épaisseur de la couche déposée à la surface de la feuille, en augmente un peu la solidité ; l'intervention de l'alumine ne produit pas l'amélioration que j'avais espérée. »

« Il nous faut enfin reconnaître que la bouillie cupro-sodique d'une part, la bouillie au verdet d'une autre, possèdent des facultés d'adhérence presque doubles de celles que possèdent les bouillies précédentes, et que, par-dessus toutes les autres, la bouillie au saccharate de cuivre et de chaux de M. Michel PERRET résiste avec une force inattendue aux pluies faibles ou fortes, et se laisse à peine entamer par les pluies d'orages. »

« C'est donc à l'une ou l'autre de ces trois bouillies, à la bouillie sucrée de préférence, que, suivant leurs convenances personnelles, devront, à mon avis, s'adresser dorénavant les cultivateurs soucieux de garantir leur champ de pommes de terre contre la maladie. »

Ainsi s'exprime Aimé GIRARD, qui paraît donc avoir sous-estimé la valeur de la bouillie bordelaise. En effet, près de quarante-cinq ans après, le moment où il a écrit ces lignes, cette mixture se trouve être la plus répandue et la plus réputée de tous les anticryptogamiques.

Quoi qu'il en soit, l'étude qu'Aimé GIRARD a consacrée à la lutte contre le *Phytophthora infestans* est un des plus beaux chapitres de son œuvre magistrale sur la Pomme de terre.

Nous avons pensé que le nom de ce savant de même que celui de PRILLIEUX méritaient d'être en ce jour associés à celui de MILLARDET.

LA CHIMIE DE LA BOUILLIE BORDELAISE

par

M. RAUCOURT et J. BARTHELET

Chefs de travaux au Centre National des Recherches agronomiques

---

Les réactions chimiques se produisant au sein de la bouillie bordelaise ont fait l'objet de nombreux travaux qui n'ont pas réussi, jusqu'à présent, à résoudre complètement la question. L'hypothèse la plus simple, celle d'une double décomposition entre le sulfate de cuivre et l'hydrate de calcium, a été admise par A. MILLARDET et U. GAYON, dès leurs premières publications (1, 2).

$$SO^4Cu + Ca(OH)^2 = Cu(OH)^2 + SO^4Ca.$$

Il se formerait ainsi un précipité d'hydroxyde de cuivre et de sulfate de chaux.

De même, en 1907, BELL et TABER estiment que le dépôt de la bouillie bordelaise se compose de trois solides : chaux, sulfate de calcium, hydroxyde de cuivre.

En réalité, les phénomènes sont plus complexes. L'observation de la bouillie au cours de sa préparation nous montrera quelques caractères particuliers en rapport avec certaines des réactions chimiques qui interviennent.

En premier lieu, on sait que la solution de sulfate de cuivre dans l'eau est nettement acide. Le fait est attribué à la formation, par hydrolyse, de petites quantités d'acide sulfurique libre.

Si on ajoute à cette solution de petites quantités d'eau de chaux, on obtient la neutralité, puis une réaction alcaline ; mais, au-dessous d'une certaine proportion de chaux, l'alcalinité diminue lentement dans la bouillie abandonnée ensuite à elle-même, et il y a retour à la neutralité. Avec une plus grande quantité de chaux, l'alcalinité persiste indéfiniment.

On est ainsi amené à distinguer dans la préparation de la bouillie bordelaise, 3 phases :

phase acide ;
phase de neutralité ou d'alcalinité temporaire ;
phase d'alcalinité permanente.

Les principales études qui ont fourni les résultats généralement admis jusqu'à ces dernières années, sont celles de PICKERING (1907), de SICARD (1915) et de WOBER (1919). Ces résultats sont concordants dans leurs grandes lignes, et certains auteurs (P. RECKENDORFER) continuent à les prendre comme base de leurs recherches. Cependant, en 1932, H. MARTIN, que nous avons suivi dans une partie de cet exposé (5), a apporté aux idées admises des modifications assez profondes.

Voici l'état de la question après les travaux de PICKERING, de SICARD (3) et de WÖBER (4). Nous prendrons comme produits de base le sulfate de cuivre cristallisé $SO^4Cu.5H^2O$ et la chaux vive CaO.

I. *Phase acide.* — La neutralisation d'une solution de sulfate de cuivre se produit exactement par addition de 0,75 molécule (*) de chaux à 1 M de sulfate. Le rapport en poids du sulfate à la chaux est de 1.000 à 169.

Il se forme alors dans le précipité un oxysulfate ayant la formule : $4CuO.SO^3.xH^2O$ quand le point de neutralité est atteint. SICARD a obtenu, en réaction acide, la formule $3{,}5CuO.SO^3.xH2O$.

* Nous désignerons la molécule par la lettre M.

L'équation serait, au point de neutralité :

$$4CuO \cdot SO^3 5H^2O + 3\,CaO \cdot H^2O = 4\,CuO \cdot SO^3.H^2O + 3\,CaO \cdot SO^3 + 22\,H^2O$$

La nature exacte du trioxysulfate de cuivre, qui est de couleur bleu-verdâtre, n'est pas connue. La synthèse chimique a pu, par différentes méthodes, préparer toute une série de corps semblables comportant un nombre variable de molécules d'eau : 2, 2 1/2, 3, 3 1/2, 4, 5, 16.

II. — *Phase d'alcalinité temporaire.* — Elle est caractérisée par la décomposition progressive de $4CuO.SO^3 .x\,H^2O$ et son remplacement par $5CuO.SO^3 .x\,H^2O$, qui existe seul quand on atteint le point d'alcalinité permanente (WÖBER). SICARD et PICKERING ont en outre mis en évidence un oxysulfate $10CuO.SO^3 .x\,H^2O$.

Il y a désaccord sur la quantité de chaux nécessaire à l'obtention de l'alcalinité permanente. WÖBER la trouve égale à 0,8 M pour 1 M de sulfate ; PICKERING à 0,9 M. SICARD n'atteint le même point que par un mélange équimoléculaire.

III. *Phase d'alcalinité permanente.* — Un léger excès de chaux amène la formation de composés tels que : $5CuO.SO^3 .x\,CaO.yH^2O$.

WÖBER admet pour ces complexes les mêmes formules brutes que PICKERING et SICARD, mais ne les considère pas comme des combinaisons définies. Pour les deux derniers auteurs, il s'agirait de sulfates doubles de cuivre et de calcium, tandis que WÖBER n'y voit qu'une suspension colloïdale du sel de cuivre dans l'alcali.

Enfin, avec un grand excès de chaux, on obtiendrait des corps à réaction nettement alcaline, tels que : $CuO.2CaO .x\,H^2O$ et $CuO.3CaO .x\,H^2O$.

On peut résumer dans le tableau suivant l'évolution

des précipités cupriques, pour des additions au sulfate de cuivre de doses croissantes de chaux :

	M de chaux pour 1 M de sulfate	Poids de chaux pour 1.000 grs de sulfate	Composés cupriques de la bouillie
			$CuO \cdot SO^3 \cdot 5H^2O$
	Phase acide.		
Point de neutralité	0,75 M	169 grs	$4CuO \cdot SO^3 \cdot xH^2O$
	Phase d'alcalinité temporaire.		
Point d'alcalinité permanente { Pickering...	0,9 M	202 grs	$5CuO \cdot SO^3 \cdot xH^2O$
Point d'alcalinité permanente { Sicard	1 M	225 grs	
	Phase d'alcalinité permanente.		
	léger excès de chaux :		$5CuO \cdot SO^3 nCaO \cdot xH^2O$
	grand excès de chaux :		$CuO \cdot nCaO \cdot xH^2O$

Le travail de H. Martin (1932) tend à mettre en doute l'existence des oxysulfates, comme celui de Wöber l'a fait à l'égard des sulfates doubles (6). Le seul corps bien défini que Martin admette est : $4CuO.SO^3 .x HO^2$, formé au cours de la première neutralisation du sulfate de cuivre. Mais, quand la proportion de chaux dépasse 0,75 M le trioxysulfate est partiellement décomposé ; il se forme de l'hydroxyde de cuivre, et celui-ci retient par adsorption des ions sulfate qui jouent un rôle stabilisateur, et qu'on peut enlever par lavage. La molécule $5CuO.SO^3$ ne serait donc pas une combinaison définie, tandis que l'hydroxyde de cuivre bleu $CuO.H^2O$, auquel avaient, pensé Millardet et Gayon, puis Bell et Taber, existe réellement. Comment se fait-il que ce corps rapidement décomposé, à l'état libre, en oxyde cuprique de couleur noire, conserve ses propriétés dans

la bouillie bordelaise ? MARTIN admet que, dans la pratique, s'exerce l'action stabilisante simultanée des ions sulfate, et du gaz carbonique, celui-ci étant fourni par l'atmosphère et la respiration des plantes. Ce point mériterait d'ailleurs un complément d'étude.

Dans la préparation ordinaire de la bouillie bordelaise, on se trouve en présence de la phase d'alcalinité temporaire ou du début de l'alcalinité permanente.

Il n'existerait donc, dans le dépôt cuprique qui agit effectivement pour la protection des plantes, aucune combinaison chimique définie. Les formules citées dans le tableau de la page 4 ne correspondent probablement qu'à des valeurs moyennes, ce qui expliquerait les divergences constatées dans les travaux des différents auteurs. Le seul groupement permanent des complexes est l'hydroxyde $CuO.H^2O$, et il est curieux de constater que les résultats des travaux les plus récents nous ramènent sensiblement à la première hypothèse émise par MILLARDET.

BIBLIOGRAPHIE

(1) MILLARDET (A.). — Traitement du Mildiou par le mélange de sulfate de cuivre et de chaux (*Journ. Agric. Prat.*, 1885, 49, II, 707-710).

(2) MILLARDET (A.) et GAYON (U.). — Les divers procédés de traitement du Mildiou par les composés cuivreux (*Journ. Agric. Prat.*, 1887, 51, II, 698-704, 728-732, et 765-769).

(3) SICARD (L.). — Étude sur la composition et la préparation de la bouillie bordelaise (*Ann. Ec. Nat. Agric.*, Montpellier, 1914, 14, 212-252).

(4) WÖBER (A.). — Uber die chemische Zusammensetzung der Kupferkalkbrühe (*Zeits. für Pflanzenkrankheiten...* 1919, 29, 94-104).

(5) MARTIN (H.). — The scientific principles of plant protection, London, 1928.

(6) MARTIN (H.). — Studies upon copper fungicides (*Ann. Appl. Biol.*, 1932, 19, 98-120).

(7) RECKENDORFER (P.). — Zur Physicochemie der Kupferkalkbrühe (*Zeits. für Pflanzenkrankheiten*, 1932, 45, 341-253).

Pour une bibliographie plus détaillée, voir le travail de H. MARTIN (6).

LES TRAITEMENTS MIXTES DES POMMES DE TERRE RÉALISÉS PAR POUDRAGES

par

MM. Trouvelot et Dixmeras

Laboratoire de campagne du Doryphore

La généralisation de l'invasion du Doryphore sur l'ensemble du territoire français obligera, dans un avenir peu éloigné, presque tous les cultivateurs à appliquer chaque année pendant la belle saison un ou plusieurs traitements insecticides sur leurs champs de Pommes de terre.

Il apparaît intéressant d'envisager la transformation de ces traitements insecticides quasi obligatoires en traitements mixtes ; les traitements contre le Mildiou sont très peu employés actuellement en partie parce qu'ils n'ont pas un caractère aussi impératif que ceux contre le Doryphore. Leur généralisation augmenterait sensiblement la valeur des récoltes, et combinés entre eux, les deux traitements verraient baisser leur prix de revient relatif, ce qui les rendrait beaucoup plus aisément supportables par la culture au point de vue économique (1).

Avec l'accroissement de l'aire d'extension du Doryphore, l'emploi des traitements antidoryphoriques par

(1) M. Dupoux a noté en Haute-Vienne des augmentations de poids de récoltes allant jusqu'à 20 o/o pour un traitement et 30 o/o pour deux traitements fait avec des poudres cuproarsenicales ; à l'accroissement du rendement, il faudrait ajouter la plus-value de qualité des récoltes, car les tubercules provenant de champs traités contre le Mildiou sont plus beaux d'aspect, et se conservent beaucoup mieux que ceux récoltés sur des plantations non soignées (I).

poudrages intéresse un nombre croissants de situation agricoles ; il concerne en particulier les petites cultures familiales, les cultures disposées en de grandes plantations homogènes et les plantations faites dans les régions où l'eau et la main d'œuvre sont rares en été.

A un double point de vue, l'étude des « poudrages mixtes » est donc un sujet de pleine actualité.

Epoques des traitements contre le Doryphore et de ceux contre le Mildiou ; leurs compatibilités. — Depuis plusieurs années, nous faisons des observations à cet égard dans le Limousin. Les premières conclusions obtenues ne sont valables que pour la région précitée et on ne pourra donner des indications pour d'autres régions qu'après études faites sur place.

En Limousin, le premier traitement courant fait contre le Doryphore (appliqué au moment de l'apparition des jeunes larves) commence, en années normales, aux abords du 1er juin, aux basses altitudes ou dans les régions les plus précoces, et s'achève en fin juin dans les localités à printemps tardif. Suivant les années, une avance ou un retard allant jusqu'à huit jours sur ces dates peut avoir lieu comme conséquence de conditions climatiques favorables ou défavorables à l'évolution hâtive de l'insecte.

Le moment le plus fréquent de la première invasion du champignon est située entre le 20 juin et le 5 juillet aux basses altitudes et dix jours plus tard en montagne.

Il y a ainsi un délai moyen de deux à trois semaines entre les époques optima des premiers traitements antidoryphoriques et celles des premiers traitements anticryptogamiques courants.

Le second traitement courant contre le Doryphore qui s'effectue au moment de la sortie des insectes parfaits d'été, se réalise en mi-juillet dans les basses altitudes et au début d'août aux altitudes supérieures à 500 mètres avec naturellement de petits écarts autour de ces moyennes, selon les années. Il se présente

dans beaucoup de cas avec un retard d'une quinzaine de jours sur l'époque des premiers traitements contre le Mildiou et ce délai est plus réduit ou même disparaît, les années où le début de l'été non orageux amène un retard de l'invasion du champignon.

Le troisième traitement contre le Doryphore, fait en fin août, est une opération occasionnelle qui n'aura lieu que sur les cultures négligées au printemps ou situées à côté de plantations non traitées servant de foyers permanents de dispersion de l'insecte. Par contre, à la même époque, une seconde application contre le Mildiou est utile car avec le retour des pluies un second développement du champignon est fréquent.

En regroupant ces documents, il apparaît que, s'il n'y a pas concordance complète entre les meilleures époques d'application des deux traitements, il y a des concordances partielles certaines années, ou dans certaines circonstances. En plus, de nombreuses compatibilités existent entre les deux opérations, surtout si l'on peut disposer de produits à activité persistante. Les écarts de dates ne sont pas grands en été et l'inconvénient résultant d'un traitement unique fait à la date optima pour le premier ennemi qui apparaît, est atténué par l'emploi de produits à action persistante, et dont il existe actuellement de bons types. Plus on apportera d'améliorations au maintien de persistance d'action aux composés antidoryphoriques et anticryptogamiques, plus les traitements mixtes seront aisément réalisables et meilleurs seront les résultats découlant de leur emploi.

Esquisse d'un plan pour les traitements mixtes des Pommes de terre en Limousin. — A l'heure actuelle des indications précitées nous sommes en mesure de déduire les conseils suivants :

Lorsque l'invasion printanière du Doryphore est précoce, faire le premier traitement avec des composés seulement antidoryphoriques ; au contraire en cas d'in-

vasion tardive, appliquer des produits mixtes. Suivre encore cette dernière pratique si l'intervention dans les champs s'est faite en retard (larves moyennes et non jeunes), si l'on opère en montagne où le début d'invasion semble plus retardé pour le Doryphore qu'il ne l'est pour le Mildiou, et dans les cas de printemps orageux avec brouillards matinaux fréquents, faisant présumer une invasion précoce du Mildiou.

En été, appliquer uniquement des produits mixtes, la date de l'épandage étant déterminée par le moment opportun pour le traitement du premier ennemi apparaissant, Mildiou ou Doryphore. Comme le plus souvent ce sera l'époque du traitement contre le Mildiou qui se présentera la première, on suivra avec attention le climat, les premières taches du champignon apparaissant sur les feuilles de plantes très sensibles (repères), et l'on n'attendra pas, pour agir, la sortie des premiers insectes parfaits d'été.

Enfin, si l'on doit faire un traitement de fin d'été, on peut prévoir presque toujours l'emploi de produits mixtes. Sauf en cas de grave invasion doryphorique, le moment des applications sera fixé d'après les prévisions d'attaque du Mildiou, c'est-à-dire d'après des constatations d'ordre climatique et végétatif.

A la méthode de travail venant d'être indiquée, on peut reprocher l'inconvénient d'impliquer un examen attentif de l'évolution du champignon, ce qui demande un peu de soins. Ce défaut indéniable est évité avec l'emploi d'une autre méthode, souvent préconisée en Amérique du Nord (III) tant pour les pulvérisations que pour les poudrages, et dont le principe est indiqué ci-après.

Les applications de produits se font régulièrement pendant presque toute la période végétative des Pommes de terre, l'intervalle entre deux applications étant de 15 à 20 jours, et les premiers travaux commençant quand les Pommes de terre ont de 15 à 20 centimètres de hauteur. Ainsi, on réalise de cinq à

six opérations annuelles. Si chaque application ne comporte l'épandage que d'une dose de toxique relativement faible à l'hectare (fréquemment 700 grammes As au lieu de 1200 grammes), la consommation totale annuelle en produits devient élevée. Une telle pratique, qui dispense de soins d'observations, exige par contre l'emploi d'un outillage permettant des travaux très rapides et d'excellentes répartitions des bouillies ou des poudres sur les plantes, ainsi que des spécialisations culturales suffisamment poussées pour que les cultivateurs aient les loisirs nécessaires à de fréquents travaux d'entretien dans les plantations de Pommes de terre.

Nous croyons que les conditions de la culture en France sont telles qu'il faille, au contraire, chercher avant tout d'une diminution du nombre des opérations à faire. Sauf pour les cultures de jardins, deux opérations annuelles, trois au maximum, paraissent rester dans le cadre des seules possibilités culturales.

En conséquence, on est amené à donner une importance marquée à l'abondance des produits actifs déposés à chaque opération sur le feuillage (prendre par exemple 1,7 à 2,2 kgs As par hectare) à la durée de persistance de ceux-ci, puis à la bonne détermination individuelle ou collective des époques les plus appropriées pour les traitements. C'est en augmentant la qualité des traitements que l'on peut suppléer à leur nombre.

Compatibilité dans une même poudre des composés agissant les uns sur le Doryphore, les autres sur le Mildiou. — Il est évident que toute tentative de constitution de poudres mixtes implique l'adjonction aux composés antidoryphoriques de produits anticryptogamiques qui ne sont pas susceptibles de modifier les premiers ou d'être eux-mêmes modifiés. A titre indicatif, il est utile de rappeler que les composés actuellement retenus pour les poudrages antiparasitaires sont les arséniates de chaux ou de plomb (titrant de 10 à

13 % As), les poudres de plantes riches en roténone (diluées à la dose de 5 % dans un support inerte) et enfin les fluosilicates de baryum.

Doses d'emploi des poudres par hectare de culture. — La dose d'emploi est fonction pour une part du minimum de produits actifs nécessaire par centimètre carré de feuilles pour avoir l'effet insecticide minimum jugé satisfaisant.

Celui-ci est obtenu pour les bons composés à base d'arséniate diplombique ou de chaux, lorsque les follioles ont, aussitôt le poudrage une dose d'arsenic par centimètre carré comprise entre 10 et 15 millièmes de milligramme (IV). Malheureusement, nous ne disposons pas encore actuellement de chiffres analogues pour les autres toxiques.

La distribution de toxique au taux voulu sur les feuilles des plantes peut être obtenu soit en utilisant une poudre riche en principes actifs, mais employée à un faible dosage à l'hectare (12 kilogrammes par exemple), soit en opérant inversement. La possibilité d'un nombre infini de solutions à cet égard, a malheureusement entraîné dans la pratique une situation confuse qui porte beaucoup de tort à l'emploi des poudres. Faute d'une codification ramenant les poudres à un nombre limité de types en ce qui concerne les qualités physiques ou les doses de dilution d'un même toxique dans un même support inerte, il résulte l'impossibilité de standardisation des appareils. La plupart du temps, on n'a pas dans la pratique l'appareil approprié à la poudre achetée, ou le numéro de réglage d'un appareil à débit variable permettant d'épandre une certaine quantité de matière à l'hectare. Il en résulte des traitements insuffisamment copieux, donc inefficaces, ou excessifs, donc trop onéreux. La fixation de normes pour les spécifications et les essais de poudres et de poudreuses, la précision de prototypes, de tables de débits, rendraient actuellement les plus grands services.

Au point de vue épandage global de produits à l'hectare, on peut indiquer les faits suivants comme acquis pour la France :

L'effet insecticide immédiat et après délai, dit satisfaisant, s'obtient avec les bonnes poudres arsénicales titrant 10 % As, de densité inférieure ou égale à 500, lorsque les épandages en juillet sont faits à des doses comprises entre 25 et 30 kilogrammes à l'hectare. L'opération réalisée avec une poudreuse à dos permet une économie de 15 à 30 % sur ces chiffres. On peut faire des épandages à la dose de 50 kilogrammes pour une poudre moins riche, mais il n'y a pas avantage pour la qualité du traitement ; en réduisant beaucoup le dosage (par exemple en le ramenant à 12 où 15 kilogrammes par ha), l'épandage devient difficile avec les appareils à traction.

Un bon effet insecticide immédiat s'obtient aussi en appliquant à raison de 50 kilogrammes à l'hectare (poudreuse à dos) des composés contenant 5 % de poudre de plantes riches en roténone. Des résultats similaires se reconnaissent avec les bons fluosilicates de baryum dilués à 25 ou 40 % dans un support approprié.

Connaissant la dose de chaque composé anticryptogamique à mettre par hectare de plantation pour avoir un bon effet persistant contre le Mildiou (VI), on en déduira la richesse en chaque toxique à donner à des poudres mixtes pour que les traitements faits se révèlent efficaces contre les deux ennemis de la Pomme de terre.

Nous avons expérimenté avec succès une poudre mixte épandue à la dose de 17 kilogrammes à l'hectare à base d'arséniate de chaux et titrant 11,5 % As et 8 % Cu. L'application eut lieu dix jours avant l'apparition du Mildiou ; elle amena la mort de toutes les larves du Doryphore et après un délai de vingt jours, la parcelle soignée, entièrement verte, se détachait très bien des témoins voisins dont le feuillage se desséchait sous l'influence du Mildiou.

Parmi les formules mixtes préconisées en Amérique du Nord (III), on relève fréquemment le mélange suivant titrant 3 à 5 % As : arséniate de chaux 15 à 20 %, chaux hydratée 60 à 65 %, sulfate de cuivre 15 à 20 %. La poudre obtenue est appliquée à raison de 25 à 30 kilogrammes à l'hectare, le travail étant répété de trois à cinq fois au cours de la belle saison.

Les poudrages et les conditions climatiques. — Le nombre des heures pendant lesquelles on peut opérer par poudrages est plus réduit que celui des heures favorables aux pulvérisations. La réduction est surtout due au vent car on ne peut guère faire de poudrages avec un appareil à traction lorsque le vent dépasse une vitesse de 1 m. 20 par seconde. Avec un appareil à dos la limite est reportée à 1 m. 50. La pluie à une influence beaucoup moindre car en traitements bien faits et en utilisant de bon produits, la persistance d'action d'un traitement par poudrage est analogue à celle d'un traitement par pulvérisation.

Nous nous sommes attachés à relever en Limousin les heures de poudrages et de pulvérisation possibles pendant la période des traitements, en considérant les journées de travail commençant à 6 heures le matin. En ces régions, des journées de calme complet existent mais le type climatique le plus fréquent est la journée avec calme matinal et vent s'élevant vers 11 heures le matin. Les relevés d'ensemble montrent qu'en moyenne les heures possibles pour les pulvérisations sont deux fois plus nombreuses que celles favorables aux poudrages, mais comme les poudrages permettent de traiter une surface cinq fois plus grande que les pulvérisations, à égalité d'outillage et de main-d'œuvre, ils gardent en Limousin un avantage marqué en ce qui concerne la rapidité d'exécution des travaux.

Influence sur le Doryphore, du cuivre contenu dans les poudres mixtes. — Appliqué avec des bouillies, le

sulfate de cuivre a une action répulsive marquée sur les larves et les insectes parfaits ; il ralentit leur consommation en feuillage, ce qui diminue les délais d'intoxication. Cet inconvénient a fait rejeter les bouillies mixtes pour les traitements de nouveaux foyers. En zone d'invasion ancienne il a peu d'importance parce que l'on opère surtout sur des larves jeunes qui ne peuvent pas jeûner sans périr.

Lors de poudrages cupro-arsenicaux nous n'avons pas vu les insectes quitter les champs traités plus rapidement que les plantations témoins. En réalisant les essais comparatifs de poudres commerciales cupro-arsénicales, MM. PEREZ et DUPOUY ont noté, en 1932, que dans l'ensemble la mortalité des larves était peu différente de celle obtenue avec les composés purement arsenicaux lorsque l'on opère sur des larves non âgées, c'est-à-dire sur des larves incapables de jeûner pendant longtemps ou de descendre prématurément en terre. Par contre, les délais de mortalité sont souvent affectés et, pour avoir des mortalités rapides, il fut nécessaire d'augmenter de un tiers la dose standard d'épandage de l'arsenic (IV).

Ces phénomènes furent surtout marqués avec les composés contenant du sulfate de cuivre basique (poudre à 8 % Cu). On ne les observa pas avec les poudres à base d'hydroxyde de cuivre (poudres à 8 % Cu) et pour les produits contenant de l'hydro-carbonate de cuivre les résultats obtenus furent très variables. Avec ces derniers, un composé titrant 10 % As, 7,5 Cu à même donné à M. DUPOUX, en 1933, des mortalités plus rapides que celles apparaissant sur les parcelles ayant reçu le même composé dépourvu de cuivre.

En mélange avec des fluosilicates peu actifs, des sels de cuivre n'ont pas changé le comportement des larves du Doryphore (essais faits en 1933 par M. DUPOUX). Sur des plantes ayant reçu uniquement des poudres cupriques (cuprosteatite titrant 2,5 % Cu et appliquée

aux doses de 10, 20, 40 et 60 kilogrammes à l'hectare), nous n'avons pas vu, en 1935, de modification appréciable de l'appétit journalier présenté par les grosses larves.

Il semble bien que la forme sous laquelle le cuivre est présenté aux insectes et le dosage de ce corps par centimètre carré de feuilles ont une influence très marquée sur les intensités des répulsions, voir même sur une toxicité. Des essais détaillés faits avec aliments contrôlés chimiquement seraient fort utiles à instituer à cet égard car les poudres commerciales utilisées dans la plupart des essais comparatifs faits jusqu'à ce jour diffèrent entre elles par trop de caractères pour que des conclusions bien précises puissent découler de leur étude.

L'exemple de l'acéto-arsénite de cuivre auquel la nature de l'arsenic (arsenic trivalent) confère une toxicité plus grande, donne un exemple dans lequel le cuivre ne présente aucune action répulsive.

Sous certains rapports, le cuivre peut même avoir un rôle indirect utile pour la lutte contre le Doryphore. Ainsi les traitements mixtes, en maintenant le feuillage des plantes plus longtemps vert à l'automne, réduisent la dispersion des insectes parfaits autour des champs et permettent à de traitements tardifs de tuer un plus grand nombre d'individus.

Conclusions. — Les traitements des Pommes de terre faits avec des produits mixtes sont biologiquement possibles en Limousin.

Bien réalisés, ils permettent une diminution appréciable des prix de revient de chaque traitement considéré isolément et cet avantage est capable de compenser le petit supplément d'attention que leur emploi judicieux exige.

La question des avertissements au sujet des époques opportunes pour les réalisations des traitements a encore plus d'importance pour les opérations mixtes

que pour les traitements insecticides et fongicides considérés isolément.

La réalisation des traitements mixtes par poudrages est techniquement possible ; en grande culture, elle exige l'emploi de composés à action persistante et, plus cette persistance d'action sera grande, plus aisées seront les réalisations pratiques.

En Limousin, les résultats biologiques obtenus par de bons poudrages et par des pulvérisations peuvent être équivalents et avoir des prix de revient comparables. Une sélection très sévère des produits est seulement indispensable pour les poudres.

La qualité principale de poudrages est de permettre l'exécution rapide de travaux pour lesquels les époques les plus opportunes sont d'assez courtes durées. L'abondance des heures de grand vent en été, limite seulement leur emploi.

Les conditions agricoles dans lesquelles ils sont surtout indiqués sont les suivantes : petites cultures familiales (emploi de composés mixtes agissant sur le Doryphore par contact et appliqués en cinq à six traitements annuels), grandes cultures faites en régions dépourvues d'eau ou à main-d'œuvre rare en été (emploi de composés mixtes à action persistante et appliqués en deux à trois traitements annuels).

Le développement des poudrages implique l'étude du régime des vents et des compatibilités biologiques existant entre les traitements antidoryphoriques et anticryptogamiques dans les principales régions productrices de Pommes de terre. Il appelle aussi l'établissement de meilleurs rapports entre les poudres et les appareils épandeurs.

BIBLIOGRAPHIE

I. DUPOUX (R). — La pratique des poudrages dans les champs de Pommes de terre (*Bull. Agric.*, n° 1892, 1933).

II. TROUVELOT (B.). — Le Doryphore de la Pomme de terre (*Annuaire de la défense des Cultures*. Sous presse).
III. TROUVELOT (B.). — Le Doryphore en Amérique du Nord (*Annales des Epiphyties*. Sous presse).
IV. RAUCOURT (M.). — Contribution à l'étude chimique et insecticide des poudrages antidoryphoriques (*Ann. Agronom.*. 1934).
V. TROUVELOT (B.), PEREZ (R.), et DUPOUX (J.). — Étude sur l'effet insecticide des poudres arsénicales sur les larves du Doryphore (*Bull. Agric.*, n° 1892, 1933).
VI. HEINE. — Essais en grand de poudrages cupriques sur la Pomme de terre (*Bull. Agric.*, n° 1893, 1933).
VII. DUPOUY (J.). TROUVELOT (B.) et CABANE (R.). — Possibilités de traitements antidoryphoriques en fonction des conditions atmosphériques ; comparaison entre les poudrages et les pulvérisations (*Bull. Agric.*, n° 1892, 1933).

Le gérant : A. BALACHOWSKY.

SAINT-AMAND (CHER). — IMPRIMERIE R. BUSSIÈRE. — 10-1-1936.

R